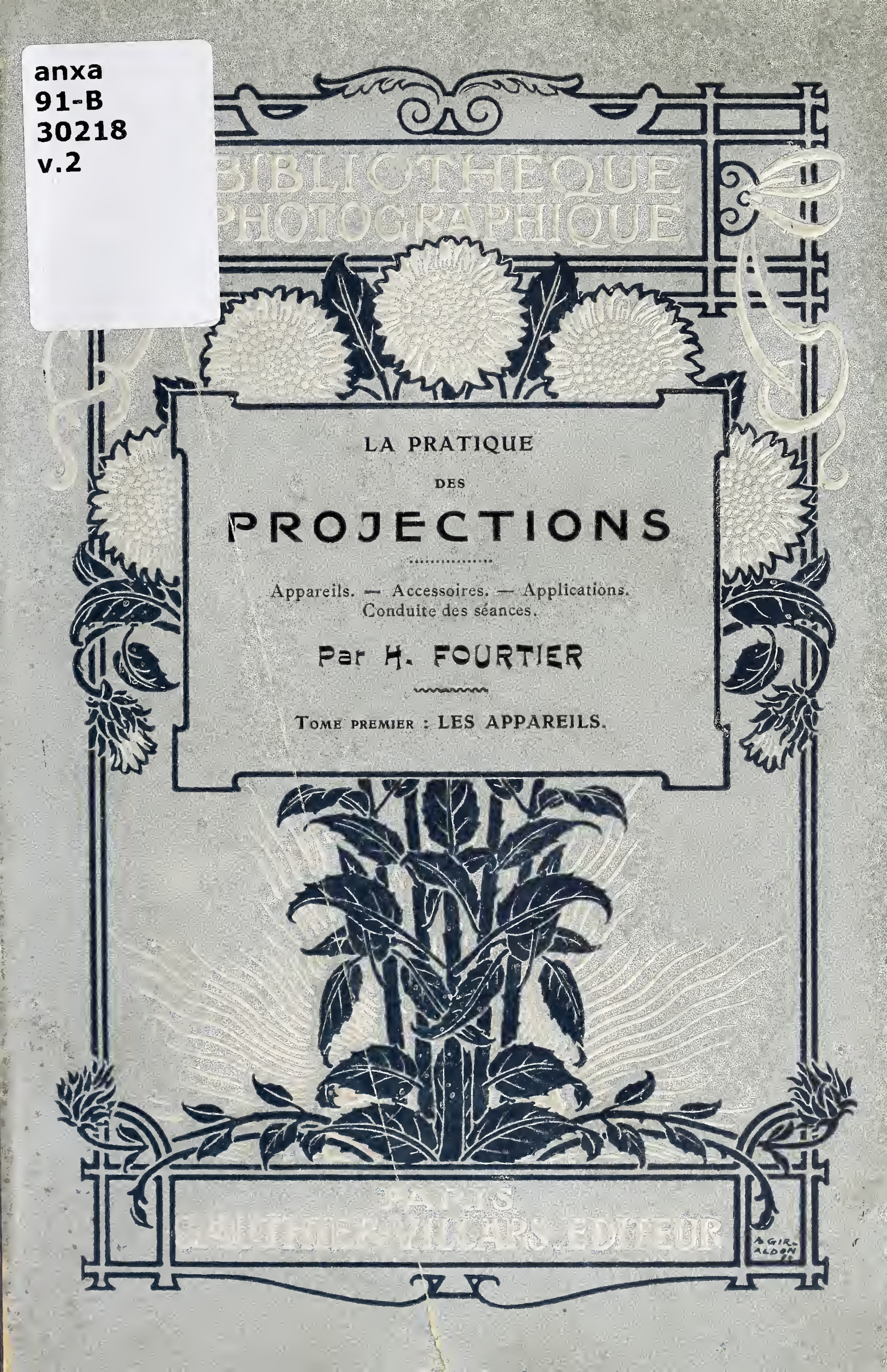




BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

LA PRATIQUE

DES

# PROJECTIONS

Appareils. — Accessoires. — Applications.
Conduite des séances.

Par H. FOURTIER

TOME PREMIER : LES APPAREILS.

PARIS
GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

## OUVRAGES DU MÊME AUTEUR.

---

**Dictionnaire pratique de Chimie photographique**, contenant une *Étude méthodique des divers corps usités en Photographie,* précédé de *Notions usuelles de Chimie,* suivi de *Manipulations photographiques.* Grand in-8; 1892 (Paris, Gauthier-Villars et fils). 8 fr.

**Les Positifs sur verre.** *Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage.* Grand in-8, avec nombreuses figures; 1892 (Paris, Gauthier-Villars et fils). 4 fr. 50.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

# LA PRATIQUE DES PROJECTIONS

ÉTUDE MÉTHODIQUE DES APPAREILS.
LES ACCESSOIRES. USAGES ET APPLICATIONS DIVERSES DES PROJECTIONS.
CONDUITE DES SÉANCES.

Par H. FOURTIER.

TOME PREMIER :

## LES APPAREILS.




PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES,
ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1892

formes des appareils et les diverses sources lumineuses employées.

Ces petits Volumes sont, en quelque sorte, la condensation de plusieurs années d'études suivies; on ne devra pas s'étonner de voir revenir souvent en ces pages le nom de M. Molteni, « la projection faite homme » comme on l'a spirituellement appelé, à la bonne grâce duquel nous sommes redevables de nombre de recettes.

Que M. A. Laverne et ses successeurs, MM. Clément et Gilmer, les constructeurs bien connus, avec lesquels nous travaillons depuis de longues années au perfectionnement des appareils, trouvent ici l'expression de nos remerciements bien cordiaux, pour l'aide qu'ils nous ont toujours donnée de si intelligente façon.

Nous serions heureux de voir que notre œuvre a pu être de quelque utilité pour la diffusion des projections, dont le regretté abbé Moigno voulait faire, avec juste raison, la base principale de l'enseignement.

# LA PRATIQUE
# DES PROJECTIONS.

## LES APPAREILS.

## CHAPITRE I.

### UN MOT D'HISTOIRE.

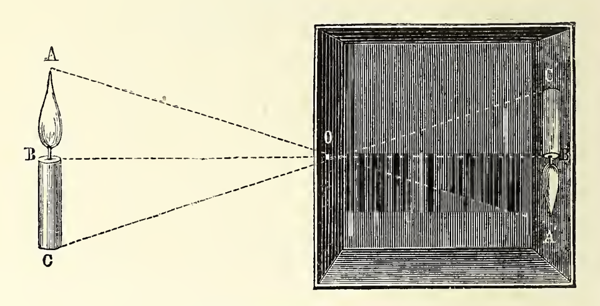
Définition. — Les origines de la lanterne de projection. — Perfectionnements successifs. — Les tableaux. — La lanterne magique en 1870.

**1. Définition.** — Il importe, avant tout, de définir exactement ce qu'on entend par appareil de projection. C'est un instrument destiné à fournir, au milieu de l'obscurité, sur un écran blanc, une image réelle, agrandie et lumineuse d'un objet. Si cet objet est éclairé par transparence, on a la lanterne de projection proprement dite ; si l'objet est opaque, il est éclairé par réflexion, et l'appareil porte le nom général de mégascope.

**2. Les origines de la lanterne de projection.** — La chambre noire de Porta, découverte vers 1670, est en quelque sorte la première forme de la lanterne de projection.

D'une façon générale, on sait que si un objet lumineux AC, par exemple la flamme d'une bougie, est placé en face d'une chambre, maintenue dans l'obscurité et dont la paroi est percée d'une petite ouverture, il se forme sur la paroi opposée une image plus petite et renversée de l'objet.

Fig. 1.




La chambre noire.

L'image est très faible, mais à contours d'autant plus nets que l'ouverture est plus petite. Il est même intéressant de remarquer que l'antique appareil de Porta a été repris de nos jours et étudié avec précision, entre autres par le capitaine Colson [1], et sert maintenant, grâce à la sensibilité des plaques au gélatinobromure, à produire d'excellentes épreuves.

Qu'il nous soit permis de reproduire ici un passage d'un de nos écrits sur la lanterne de projection [2].

---

(1) R. Colson, *La Photographie sans objectif*. 2e édition. In-18 jésus, avec 1 planche; 1891 (Paris, Gauthier-Villars et fils).

(2) H. Fourtier, *La Lanterne de projection, Manuel pratique*. Grand in-8°; 1889 (Paris, A. Laverne et Cie).

« Porta rendit l'image de la chambre noire plus brillante et plus nette en plaçant dans l'ouverture une lentille convergente et en mettant un écran blanc au foyer de la lentille. Dans son traité de la *Magie naturelle,* Porta fait une description enthousiaste de son appareil, « qui pourra bientôt servir, dit-il, à connaître tous les plus grands secrets » de la nature ». Deux siècles et demi plus tard, la chambre obscure était le point de départ de cette merveilleuse découverte moderne, la Photographie.

» On s'aperçut bientôt que si l'on plaçait un objet bien éclairé assez près de la lentille de la chambre noire, l'image produite était plus grande que l'objet lui-même, mais moins lumineuse. Cette nouvelle forme de la chambre obscure prit le nom de mégascope (qui voit grand), appareil que postérieurement le physicien Charles devait perfectionner.

» Tous ces travaux étaient comme la préparation du premier appareil de projection, proprement dit. On savait dès lors qu'un objet très éclairé placé près d'une lentille donnait une image agrandie et renversée de l'objet : cette image, à la vérité, était lumineuse, mais si l'on remplaçait l'objet opaque éclairé par réflexion par une peinture sur verre, transparente, renversée, et si un rayon lumineux aussi intense que possible venait la traverser, on devait avoir une image droite, agrandie et brillante. Enclore un foyer lumineux artificiel, pratiquer une ouverture dans cette sorte de lanterne, placer devant cette ouverture une peinture sur verre et en avant une lentille convergente, tel fut le premier appareil, qui reçut le nom de *lanterne magique*.

» Quelques auteurs ont voulu faire remonter tout au loin l'invention de la lanterne magique et en ont fait un des instruments des mystérieuses initiations d'Isis; rien n'est

moins prouvé et l'enchaînement rationnel des découvertes que nous venons d'exposer succinctement devait conduire, au XVIIe siècle, à la création de l'appareil. Le véritable inventeur est le P. Athanase Kircher, savant jésuite allemand (né à Geysen, près de Fulde, en 1602, mort à Rome en 1680).

» Dans son grand Traité de la lumière, *Ars magna lucis et umbræ*, le P. Kircher a donné une description très complète de cet instrument ; lanterne close, lampe à réflecteur, objectif convergent, peintures sur verre : tout est minutieusement indiqué. Le lecteur curieux trouvera ces détails dans la deuxième édition du Traité (1671), au Livre X, Magia, pars 3, problema IV, page 768. Nous y verrons même que ce nom de lanterne magique lui a été donné par le savant jésuite lui-même. « Quam (lucernam) non immerito *magi-* » *cam* et *thaumaturgiam* appellandam duximus. »

» Dans nos recherches, nous avons vu, à plusieurs reprises, attribuer la lanterne magique à un physicien danois, Thomas Walgenstein. Nous trouvons le nom cité dans l'Ouvrage du P. Kircher, qui ajoute à ce propos : « Reprenant nos in- » ventions décrites ici, il ramena à une meilleure forme la » lanterne décrite par nous et en vendit dans la suite, à son » grand profit, à plusieurs princes italiens. » La question est donc résolue par le P. Kircher lui-même. »

**3. Perfectionnements successifs.** — Sans nous attarder à la description des divers perfectionnements apportés successivement à la lanterne magique, nous signalerons les travaux de l'abbé Nollet et d'Euler pour améliorer la partie optique : le mégascope du physicien Charles (1780), le *fantascope* de Roberston (1798). Dans la partie optique, il convient de rappeler la découverte de Dollond (1758), qui rendit

les lentilles achromatiques par l'association de verres de densités différentes. Mais les progrès ne purent réellement se manifester que lors de l'apparition des lumières intensives. En 1780, Argand donnait à la lampe à l'huile un plus grand pouvoir éclairant en employant une mèche à double courant d'air.

En 1804, Drumond découvre la lumière oxyhydrique, qui cependant ne devient pratique que vers 1865, après les travaux de Carverlaris et Bourbouze entre autres.

En 1844, Foucault, en inventant son régulateur, favorisait l'emploi de la lumière électrique.

Enfin, en 1865, un nouvel agent d'éclairage faisait son apparition, le pétrole : grâce à sa vive lueur, il était possible de créer des modèles de lanternes de projection propres à donner de très belles images, et le premier modèle construit en ce sens nous vint d'Amérique, sous le nom de *Sciopticon*. Il employait une lampe à pétrole à deux mèches avec condensateur double et un objectif semblable à ceux que la Photographie employait alors.

**4. Les tableaux.** — Mais il est utile de noter que ces divers perfectionnements n'ont pu recevoir une impulsion plus vive qu'après la découverte de la Photographie. Il a été seulement alors possible de renoncer aux tableaux peints sur verre, qui, avec de forts grossissements, n'étaient plus que de grossières images, et employer de petites vues photographiques supportant sans peine des agrandissements considérables. Les progrès des appareils de projection sont étroitement liés aux progrès de la Photographie.

**5. La lanterne magique en 1870.** — En terminant ce rapide exposé historique, il convient de rappeler la grande

mission que la lanterne magique du P. Kircher eut à remplir en 1870, aux heures sombres de Paris assiégé. On ne peut oublier qu'elle put servir, selon l'énergique expression de M. Legouvé, à « ravitailler les âmes ». Car c'est elle qui fut chargée de déchiffrer ces microscopiques correspondances envoyées par la province, sous l'aile d'un pigeon, à Paris angoissé. C'était là une application toute particulière qui fait honneur à ceux qui l'ont conçue et ont su l'appliquer. Il est bon de citer parmi eux les noms de Dagron le photographe et de MM. Mercadier et Cornu, les directeurs du service.

---

# CHAPITRE II.

## DÉFINITION ET THÉORIE DES PROJECTIONS.

Définition. — Les lentilles convergentes. — Lois de formation des images. — Méthode générale de projection. — Grossissement des images. — Calcul du grossissement. — Limites du grossissement. — Les défauts de l'objectif. — Les qualités du système optique.

6. **Définition.** — Tout appareil de projection comprend :

1° La *source lumineuse,* dont nous étudierons les multiples formes dans les Chapitres suivants.

2° Le *corps,* ou lanterne, destiné à enclore la source lumineuse et à arrêter tout rayon en dehors de ceux qui sont concentrés sur le tableau à agrandir. Il est, en effet, indispensable que les projections se fassent dans une chambre obscure, et tout rayon de lumière blanche qui viendrait à se mêler au faisceau émané de la lanterne n'aurait d'autre effet que d'affaiblir la projection.

3° L'*appareil optique,* qui comprend le *condensateur* et l'*objectif.*

On appelle du nom général de *tableaux* les vues transparentes, photographiques ou peintes, qui sont destinées à être agrandies.

On concentre sur les tableaux la lumière fournie par la source lumineuse à l'aide d'une lentille ou d'un ensemble de lentilles, qu'on nomme *condensateur.* A la sortie du condensateur, le faisceau de lumière, modifié par le passage

à travers le tableau, se forme en un cône, et est repris par une lentille ou un ensemble de lentilles qui porte le nom d'*objectif*.

Cet ensemble du condensateur et de l'objectif porte aussi le nom de *tête;* on dit un appareil à deux têtes, à trois têtes pour exprimer qu'il comporte deux ou trois objectifs.

Le rôle de l'objectif est d'amplifier l'image et de la projeter sur une surface blanche appelée l'*écran*.

L'image projetée ne peut être nette que s'il existe un certain rapport entre la distance de l'objectif au tableau et la distance de l'objectif à l'écran : rétablir ce rapport en avançant ou reculant l'objectif est ce qu'on nomme la *mise au point*.

Ces définitions données, il ne sera pas inutile d'établir en leurs grandes lignes les propriétés des lentilles, particulièrement des lentilles convergentes, sur lesquelles repose la théorie des projections ([1]).

**7. Les lentilles convergentes.** — On appelle *lentilles convergentes* des masses de verre transparentes limitées par des surfaces sphériques.

Les lentilles convergentes sont caractérisées par ce fait que les bords en sont toujours plus minces que le centre. Elles peuvent se présenter sous trois formes différentes : *plan-convexes* (*fig.* 2, *a*), *biconvexes* (*fig.* 2, *b*) et *ménisques* (*fig.* 2, *c*), appelées aussi *concaves-convexes*.

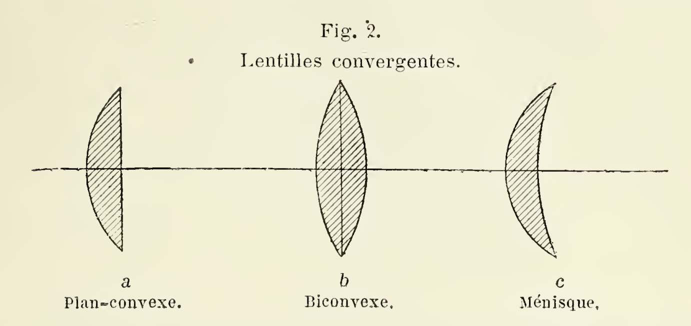
On les appelle *convergentes*, parce qu'elles ont la pro-

---

([1]) *Voir*, au sujet de la théorie optique, A. Soret, *Optique photographique*. Notions nécessaires aux photographes amateurs. Étude de l'objectif. Applications. In-18 jésus, avec nombreuses figures; 1891 (Paris, Gauthier-Villars et fils).

priété de réunir en un seul point le faisceau de rayons parallèles qui frappe leur face opposée. Ce point, qui correspond à peu près à leur centre de courbure, s'appelle *foyer principal*. La distance qui sépare le foyer du centre de la

Fig. 2.
Lentilles convergentes.




lentille porte le nom de *distance focale*, et, par abréviation, on l'appelle souvent *foyer*.

Nous ne nous attarderons pas à étudier le mode de formation des images, cette question a été complètement traitée par M. Wallon dans la *Bibliothèque photographique* (1); il nous suffira de rappeler ici les lois principales qui en découlent.

**8. Lois de formation des images.** — Ces lois peuvent se résumer aux trois points principaux suivants :

I. Si l'objet est à une distance égale à deux fois la distance focale, il se formera de l'autre côté, et à égale distance de la lentille, une image renversée de mêmes dimensions que l'objet.

---

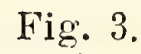
(1) Wallon (E.), *Traité élémentaire de l'Objectif photographique*. Grand in-8, avec 135 figures; 1891 (Paris, Gauthier-Villars et fils).

II. Plus l'objet se rapproche du foyer principal, plus l'image grandit, mais aussi plus elle s'éloigne.

III. Quand l'objet éclairé est au foyer principal, l'image se forme à l'infini ou, si l'on préfère, il n'y a plus d'image.

IV. Quand l'objet éclairé dépasse le foyer principal, se rapprochant de la lentille, il n'y a plus d'image réelle, il se forme du côté de l'objet une image agrandie, virtuelle et de même sens.

**9. Méthode générale de projection.** — Des considérations générales qui précèdent, il résulte que la formation


Fig. 3.

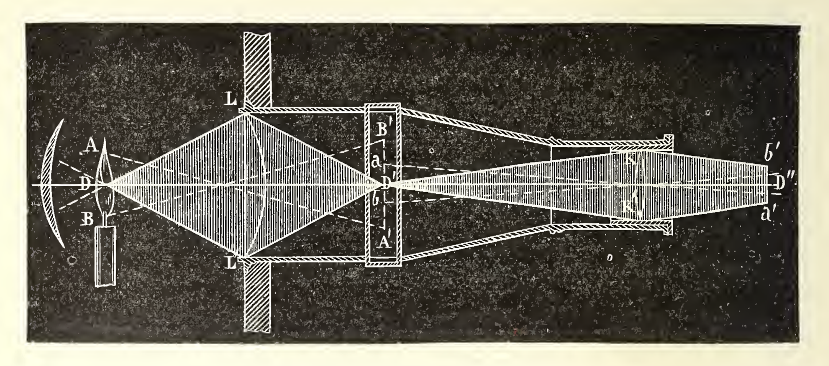


Schéma des projections.

des images dans les appareils de projection peut être représentée par la figure schématique ci-dessus (*fig.* 3) :

AB est la source lumineuse, munie en arrière d'un réflecteur, qui a pour but de renvoyer vers l'image les rayons opposés; les rayons émanés de cette source sont concentrés par le condensateur LL', qui éclaire vivement le tableau

transparent A′ B′ placé, renversé, dans une fente latérale de la lanterne, qu'on nomme *glissière*. En avant de l'image se trouve le *cône porte-objectif*, et l'objectif KK′, qui forme dans l'espace un premier cône convergent de lumière qui, après s'être resserré, s'épanouit de nouveau pour former sur l'écran l'image agrandie. (Cette partie du faisceau n'est pas représentée dans la figure.)

Pour que les images se forment avec netteté, il est absolument indispensable que le centre D de la source lumineuse, D′ de l'image, D″ de l'objectif soient exactement sur une même ligne droite, sinon on aurait non seulement des déformations, mais encore des inégalités d'éclairage, comme nous le verrons plus loin.

**10. Grossissement des images.** — On nomme grossissement des images le rapport qui existe entre les dimensions homologues du tableau et de la projection.

Il est à noter que les tableaux de projection sont de forme carrée, ou du moins, c'est la forme communément adoptée en France, et ils ont en moyenne $0^{m},070$ de hauteur; la plupart des constructeurs indiquent comme grossissement le diamètre du disque fourni par l'appareil, ce qui majore, comme on le voit, la grandeur réelle obtenue; ce grossissement s'appelle *grossissement linéaire* ou *en diamètre*.

Le grossissement est parfois donné d'après la surface couverte : les surfaces étant entre elles comme les carrés de leurs dimensions homologues, ce second mode d'évaluation semble donner des images bien supérieures en grandeur au premier, mais ce n'est, on le conçoit, que chose relative. En effet, si un tableau de $0^{m},070$ de hauteur donne une projection de $2^{m},10$, le grossissement en diamètre sera

exprimé par le chiffre 30, le grossissement superficiel par le chiffre 900.

**11. Calcul du grossissement.** — D'après les lois des lentilles données plus haut (n° **8**), il est facile de fixer par une formule les lois qui régissent le grossissement.

Si nous appelons :

$f$, le foyer de l'objectif;
$d$, la hauteur de la vue;
D, la hauteur correspondante de la projection;
R, le recul de la lanterne,

ces quatre quantités sont reliées par la formule suivante :

$$\frac{d}{D} = \frac{f}{R}.$$

Cette première formule nous servira à déterminer l'une des quantités, les trois autres étant connues, et par suite nous permettra de résoudre tous les problèmes possibles des projections.

1° *Grossissement.* — Étant donné un objectif de foyer $f$, et un recul de R mètres, quelle sera la grandeur atteinte par l'image projetée?

Nous avons

$$Df = dR,$$

d'où

$$D = \frac{dR}{f}.$$

Supposons que le foyer soit $0^{m},125$ (c'est le foyer le plus généralement employé) et que le recul soit de $3^{m},75$ : la hauteur du tableau est toujours de $0^{m},070$; la formule se

réduit à

$$D = \frac{0,070 \times 3,750}{0,125} = 2^{m},10.$$

2° *Recul.* — Étant donné un objectif de foyer $f$, quel sera le recul nécessaire pour avoir une image de hauteur D?

La formule donne

$$R = \frac{Df}{d};$$

si le foyer est de $0^{m},125$, la hauteur d'image désirée $2^{m},10$, on a

$$R = \frac{2^{m},10 \times 0,125}{0,070} = 3^{m},75.$$

3° *Foyer.* — Inversement, si l'on est limité pour le recul et qu'on désire avoir une grande image, il sera utile de prendre un objectif différent, et la formule indiquera la longueur du foyer nécessaire.

Supposons qu'on n'ait qu'un recul de $2^{m},50$, on désirerait avoir une image de $2^{m}$, la formule ci-dessus nous montre que, avec notre objectif de $0^{m},125$ de foyer, l'image n'atteindrait que $1^{m},40$; l'objectif devra avoir un foyer donné par la formule

$$f = \frac{dR}{D} = \frac{0,07 \times 2,50}{2} = 0^{m},088.$$

**12. Limites du grossissement.** — Théoriquement, le grossissement des images peut être poussé très loin; pratiquement, il est limité par l'intensité même de la source lumineuse employée. Plaçons en effet un écran à une distance $d$ d'un foyer de lumière. Il intercepte le cône lumi-

neux et le disque formé a un éclairement d'intensité I. Reculons l'écran à une distance $2d$, le disque augmente aussitôt et sa hauteur est double, mais sa surface devient quatre fois plus grande. Il en résulte qu'une portion égale à la première surface éclairée reçoit quatre fois moins de rayons lumineux. A la distance $3d$, le disque sera neuf fois plus grand; à la distance $4d$, il sera seize fois plus grand et dans chaque cas la lumière sera neuf fois, seize fois plus faible par unité de surface. Inversement, pour obtenir la même clarté, la source devrait être quatre, neuf, seize fois plus intense [1].

Ainsi le maximum de grandeur des tableaux sera toujours limité par le pouvoir lumineux de la source; à chaque sorte d'éclairage correspond une grandeur maxima qu'il ne faut point dépasser, sinon l'image n'a pas de clarté et devient en quelque sorte confuse par le manque d'oppositions entre les blancs et les noirs. Il ne nous est pas possible de donner ici des limites exactes du grossissement propre à chaque genre de source lumineuse, le pouvoir éclairant de chacune d'elles pouvant varier dans de larges limites, suivant qu'elle est plus ou moins bien employée. Il y a lieu d'éviter les images trop petites, avec de forts éclairages, car très lumineuses, au milieu de l'obscurité ambiante, elles fatiguent beaucoup les yeux des spectateurs. Il en est de même inversement, du reste, les images manquant d'intensité forcent l'œil à un pénible travail d'accommodation pour bien saisir les détails.

En tout cas, le lecteur aura compris, d'après ce qui précède, combien fausse est l'idée, qu'on entend couramment

---

(1) Théoriquement, car, par suite des pertes de toutes natures, la lumière devra croitre pratiquement en de plus fortes proportions.

émettre, que le grossissement des tableaux dépend uniquement de l'appareil optique. Celui-ci permet d'avoir la netteté sur toute la surface, et assure la rectitude des lignes s'il est bien construit, mais là se borne son action.

**13. Les défauts de l'objectif.** — L'objectif peut présenter divers défauts que nous allons énumérer :

1° *Manque d'achromatisme.* — Ce défaut se reconnaît aux caractères suivants : l'image est frangée de rouge et de bleu; ces colorations sont plus sensibles sur les bords que sur le centre de la vue. Mais il est à noter que l'effet peut être produit aussi par le mauvais centrage de la source lumineuse et il est toujours bon de s'assurer si l'achromatisme ne provient point de ce fait. (*Voir* Chapitre X.)

2° *Distorsion des lignes.* — Lorsque l'objectif est à très court foyer, ou que la combinaison optique a été mal réglée, les lignes verticales et horizontales s'incurvent : si les lignes sont concaves, c'est-à-dire s'incurvent sur le centre, on a la distorsion en croissant; si elles sont convexes, on a la distorsion en barillet. Dans les objectifs quart de plaque (système Petzwal), ce défaut provient en général d'un mauvais centrage des lentilles ou d'une erreur en remontant les lentilles après nettoyage : la cause indique le remède. Dans les lentilles à court foyer, la distorsion vient des rayons marginaux trop réfractés par la construction même de l'objectif; on y remédie en diaphragmant l'objectif à l'avant, de manière à laisser passer seulement le pinceau lumineux central.

**14. Qualités du système optique.** — Il est absolument nécessaire que le condensateur soit composé de lentilles

parfaitement pures; les stries, bulles d'air, etc., seraient fortement grossies par l'objectif et nuiraient à la pureté de l'image. Il n'en est pas de même de l'objectif; ces mêmes défauts n'ont pas d'action appréciable sur l'image et une lentille bullée sur les bords n'altère en rien la projection. Il est absolument utile que l'objectif soit parfaitement achromatique; mais, d'autre part, comme il n'est destiné qu'à donner une image physique, il est inutile que la correction du foyer chimique soit faite; il est même à noter que cette correction ne se faisant qu'aux dépens de la valeur de l'image physique, il vaut mieux employer un système non corrigé.

# CHAPITRE III.

## LE SYSTÈME OPTIQUE.

—

## CONDENSATEURS ET OBJECTIFS.

Le condensateur. — Diverses formes adoptées. — Choix du condensateur. — Le réflecteur. — Positions du réflecteur et du condensateur. — Les objectifs. — L'objectif double. — Courts foyers. — Longs foyers. — Montures d'objectif. — Obturateurs.

On donne, ainsi que nous l'avons dit, le nom de système optique à l'ensemble de l'objectif et du condensateur; nous allons étudier séparément ces deux parties.

**15. Le condensateur.** — Le condensateur a pour objet de concentrer et de répartir également la lumière sur toute la surface de l'objet à projeter : on vérifie facilement ce dernier point en essayant de projeter un tableau, après avoir enlevé le condensateur; on s'aperçoit de suite que le centre seul de la vue est éclairé.

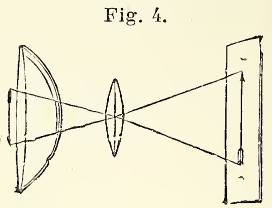
Dans les lanternes ordinaires, le condensateur se réduit à une lentille plan-convexe, à très court foyer, ou, si l'on préfère, à courbure très prononcée et qu'on nomme souvent, pour cette raison, *demi-boule*. Cette lentille se place tout

près et en avant du tableau, la partie plane tournée vers ce dernier.

C'est ainsi que sont constitués les condensateurs des lanternes magiques (*fig.* 4).

Dans les appareils de projection, ce dispositif serait in-

Fig. 4.



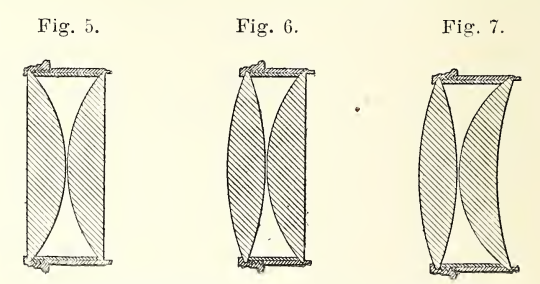
Condensateur en demi-boule.

suffisant parce qu'il n'utilise que d'une façon très imparfaite le faisceau lumineux.

Le condensateur le plus ordinairement employé se compose de deux lentilles plan-convexes, enchâssées dans une monture, les convexités en regard (*fig.* 5).

La source lumineuse étant au foyer de l'une des lentilles,

Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.



Diverses formes de condensateurs doubles.

le faisceau de lumière, après l'avoir traversée, est rendu convergent par la seconde lentille. Le tableau doit être

placé aussi près que possible et en avant de la seconde lentille, de manière à se trouver compris dans le cône lumineux. Par cette disposition, on voit que la lumière est non seulement mieux utilisée, mais qu'elle est en même temps répartie d'une façon plus égale sur toute la vue.

On a aussi proposé l'accouplement d'une lentille plan-convexe et d'une lentille biconvexe; cette forme ne semble pas présenter d'avantages sur la première (*fig.* 6).

Herschel a employé un ménisque de flint et une lentille biconvexe de crown : cette disposition (*fig.* 7) a non seulement l'avantage d'achromatiser les rayons, mais encore de réduire la longueur focale du côté de la source lumineuse, le ménisque étant tourné vers elle : de cette manière, on utilise une plus grande somme de rayons émanés par la source.

Pour les lanternes d'agrandissement, Dallmeyer a construit un condensateur composé d'une lentille plan-convexe en flint et d'une lentille biconvexe plus large à courbures inégales. La courbure tournée vers le plan-convexe est de même rayon que celle-ci, l'autre est de rayon beaucoup plus prononcé : cette disposition donne des images moins lumineuses peut-être, mais dans lesquelles la répartition de la lumière est faite d'une façon très égale.

En Amérique, on emploie souvent des condensateurs triples, une biconvexe entre deux plan-convexes ou deux ménisques. Il ne semble pas que cette disposition présente des avantages bien marqués, car il y a lieu de faire observer que les lentilles ont un pouvoir absorbant assez considérable; d'autre part, de tels condensateurs sont à la fois très lourds et très onéreux.

Dans les lanternes d'agrandissement, destinées aux clichés de grande dimension, on se sert de condensateurs rectan-

gulaires composés de deux lentilles plan-convexes disposées comme dans la *fig.* 5 mais dont a coupé les portions excédant le rectangle inscrit (*fig.* 8). Cette disposition a l'avan-

Fig. 8.

Condensateur carré.

tage d'exiger moins d'espace et d'être à la fois plus légère. Cette forme est due à Hughes.

**16. Choix du condensateur.** — D'après l'exposé qui précède et la théorie même des condensateurs, on sera guidé dans le choix de ceux-ci par les considérations suivantes :

Lorsqu'il s'agit d'images transparentes, c'est-à-dire dans le cas des projections ordinaires, le condensateur à double lentille plan-convexe de même diamètre est le meilleur; une telle disposition permet d'avoir des foyers relativement courts et les dimensions générales de la lanterne peuvent être réduites.

En général, les condensateurs ont un diamètre qui varie entre $0^m,100$ et $0^m,120$ et un foyer de $0^m,075$ à $0^m,090$.

Si les objets à éclairer par transparence ont une certaine épaisseur, comme dans les appareils pour projections scientifiques, il sera mieux d'adopter la disposition d'Hers-

chel, le foyer est court du côté de la source lumineuse et le cône émergeant plus allongé éclaire mieux les objets en profondeur.

Pour les agrandissements, on préférera le dispositif de Dallmeyer, qui a l'avantage de rendre l'éclairage général plus égal. La perte de lumière est alors de peu d'importance, puisqu'elle peut se racheter facilement par une pose plus prolongée. Ceci même est, à notre avis, le plus souvent un avantage, puisque les variations dans la longueur d'exposition sont plus faciles à déterminer et les erreurs de pose moins graves.

**17. Le réflecteur.** — En général, la source lumineuse émettant des rayons en tous sens, suivant une sphère, un quart au plus de sa puissance serait utilisée si l'on n'avait soin de ramener sur le condensateur les rayons d'arrière.

Si la lumière était réduite à un point mathématique, la meilleure forme à donner au réflecteur serait la forme parabolique : car on sait qu'une surface de telle nature a la propriété de réfléchir parallèlement à son axe principal les rayons émanés de son foyer. Mais, pour nos sources lumineuses habituelles, on ne peut employer un tel dispositif, parce qu'elles présentent en général une surface assez large. On se contente d'un réflecteur sphérique; les rayons émis par la source vont se briser sur le réflecteur, les uns revenant sur la source, les autres se diffusant vers le condensateur. Le rayon de courbure d'un tel condensateur devra être exactement égal à la distance du centre du condensateur au centre de la flamme, ou, si l'on préfère, de même foyer.

Le réflecteur est habituellement en plaqué d'argent; il

doit être l'objet de soins particuliers, car il se ternit rapidement sous l'influence de la chaleur dégagée par la source : on lui rend son brillant au moment même d'exécuter les projections, en le frottant avec une peau de chamois et un peu de rouge d'Angleterre, ou avec un de ces linges préparés au savon et au rouge, vendus dans le commerce sous le nom de *serviette magique*.

Avec la lumière oxyhydrique, il est inutile de se servir de réflecteur, le bâton de chaux n'étant illuminé que du côté du condensateur. Il en est de même pour la lumière à arc; si l'on a eu le soin d'excentrer très légèrement les deux crayons, il se forme dans le charbon inférieur une sorte de coupelle inclinée, tournée vers le condensateur et qui réfléchit toute la lumière vers ce dernier.

**18. Position du réflecteur et du condensateur.** — Il est très important, lorsqu'on dispose le réflecteur et le condensateur, de les placer de manière à ce que la source lumineuse soit exactement au foyer de l'un et de l'autre. Nous verrons, en parlant de l'organisation de la séance, que le disque de projection n'est éclairé par une lumière blanche et égale dans le cas seulement où cette condition est remplie. (*Voir* tome II).

Il en est de même pour le réflecteur et, en l'avançant ou le reculant, on voit parfaitement, en suivant l'expérience sur l'écran, qu'il est une position où le maximum de lumière est donné, cette position est précisément celle dans laquelle le centre de courbure du réflecteur coïncide avec le centre de la flamme.

**19. Les objectifs.** — Le rôle de l'objectif est de reprendre le faisceau lumineux modifié par son passage à

travers le tableau transparent et de former sur l'écran une image nette et agrandie de ce tableau.

Dans les lanternes magiques, l'objectif est simplement constitué par une lentille biconvexe (*fig.* 12), montée sur un tube qui coulisse dans une monture attenant au corps de la lanterne et se prolongeant en avant du tableau. Une telle disposition, suffisante pour les grossières images de la lanterne, présente de nombreux défauts, inadmissibles lorsqu'il s'agit de grandes projections. Par suite de la dispersion, les bords de l'image se frangent de couleurs irisées et, d'autre part, les lignes droites sont déformées et paraissent s'incurver soit en dedans, soit en dehors (distorsion en barillet ou en croissant).

On sait que, dans les objectifs, on évite ces deux défauts : à l'aide de combinaisons de lentilles convexes et concaves de matières de densités différentes, le *flint* et le *crown*, on arrive à l'achromatisme, et, en employant des combinaisons doubles de telles lentilles, on rend les images rectilignes.

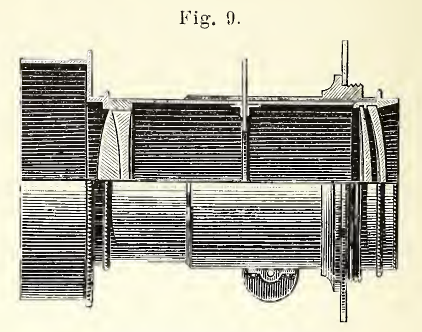
D'autre part, l'image étant formée suivant une surface courbe (portion de sphère), ne serait pas nette sur ses bords, on l'*aplatit* en disposant sur le trajet du faisceau des diaphragmes. Ceux-ci, qui ne sont autre chose qu'une plaquette de métal percée d'une ouverture inférieure à celle de l'objectif, écartent les rayons marginaux qui tendent à former une image en avant du plan de l'image centrale.

**20. L'objectif double.** — L'objectif le plus généralement employé est la combinaison symétrique due à Petzwal (*fig.* 9) et connue sous le nom d'objectif double à portrait. Il est très lumineux et si, en Photographie, on lui reproche d'avoir

peu de profondeur [1], dans le cas des projections ce défaut n'a aucune importance, puisque l'objet est une image plane. D'autre part, il a un foyer très court.

Cet objectif se compose : en avant, d'une lentille biconvexe en crown et d'une lentille biconcave en flint. Ces deux lentilles sont collées ensemble à l'aide de baume du Canada. A l'arrière est une lentille biconvexe en flint et un ménisque

Fig. 9.



Objectif double Petzwal.

divergent en crown : ces deux lentilles sont séparées par une couche d'air, à l'aide d'un anneau.

Ce système de lentilles est monté dans un tube coulissant dans une monture fixe et manœuvrée par un large bouton qui engrène par un pignon sur une crémaillère fixée sur le tube portant les lentilles. De cette façon on peut avancer ou reculer l'objectif de très petites quantités, de manière à faire exactement la mise au point.

Les constructeurs ont apporté diverses modifications à

---

[1] On dit qu'un objectif manque de profondeur lorsqu'il ne donne pas une image nette de plusieurs plans successifs.

# DANS LA MÊME COLLECTION

*Ouvrages parus :*

**BERGET** (**Alphonse**), Professeur à l'Institut Océanographique. — **Où en est la Météorologie?** (*Collection des mises au point N° 1*). Un volume in-8 écu (200-130) de XIII-304 pages, avec 57 figures dans le texte et un frontispice sur bois de Ch. HALLO; 1921; broché............ 10 fr.

**MOREUX** (l'abbé **Th.**), Directeur de l'Observatoire de Bourges (Cher). — **Où en est l'Astronomie?** Un volume in-8 de 296 pages, avec 62 figures; broché............................................. 15 fr.

**LAUNAY** (**L. de**), Membre de l'Institut, Professeur à l'Ecole supérieure des Mines. — **Où en est la Géologie.** Un volume in-8 écu (200-130) de x-206 pages, avec 13 figures dans le texte et un frontispice sur bois, de Ch. HALLO; 1921; broché.................................. 12 fr.

---

*En préparation :*

**GODLEWSKI** (**Dr Henri**). Ancien interne, Lauréat des hôpitaux, Préparateur à la Faculté de Médecine de Paris. — **Où en est la Médecine.**

**PITTARD** (**Eugène**), Professeur extraordinaire à la Faculté des Sciences de Genève. — **Où en est l'Anthropologie.**

**COURTIER** (**Jules**), Directeur-adjoint à l'École des Hautes Études, Directeur des services de l'Institut général Psychologique. — **Où en est l'Etude des Phénomènes psychologiques.**

**FAURÉ-FRÉMIET** (**Emm.**), Préparateur au Collège de France. — **Où en est la Biologie.**

**GIRARD** (**Pierre**). — **Où en est la Physiologie.**

**CEILLIER** (**Rémi**), Docteur ès sciences. — **Où en est la Physique du Globe.**

---

## Bulletin de commande

*Veuillez trouver ci-jointe une valeur de* .................. *pour* .................. *exemplaire de l'Ouvrage intitulé :*

Où en est la Photographie, par Ernest COUSTET

*Nom* ..................................................

*Profession* ........................................... (*Signature*)

*Domicile* ..............................................

*Date* ..................................................

68249-22 Paris - Imp. Gauthier-Villars et Cie, 55, Quai des Grands-Augustins

l'objectif de Petzwal, de façon à augmenter son rendement. Clément et Gilmer donnent à la combinaison arrière un plus grand diamètre qu'à la combinaison d'avant [1]; le cône lumineux émané de l'objet est mieux saisi et les lentilles d'avant formant en quelque sorte diaphragme et écartant les rayons extrêmes, l'image est par suite plus nette et plus lumineuse.

**21. Courts foyers.** — En raccourcissant la distance qui sépare les deux systèmes de lentilles, on réduit la longueur du foyer, mais il est alors nécessaire d'employer des lentilles de grand diamètre et de diaphragmer assez fortement en avant de la lentille frontale. Cette disposition a l'inconvénient de faire perdre un peu de lumière, mais si cet effet est sensible avec les lampes au pétrole, il a peu d'importance avec la lumière oxyhydrique, et, comme l'image n'est fournie que par la partie centrale de l'objectif, elle a une très grande finesse; d'autre part, grâce à la faible longueur du foyer, on peut obtenir de très grandes images sans être obligé d'avoir recours à un recul considérable. On est même arrivé à calculer une combinaison telle que le diamètre du disque soit égal au recul de l'appareil, ce qui permet de définir très rapidement la grandeur des projections possibles dans un espace donné.

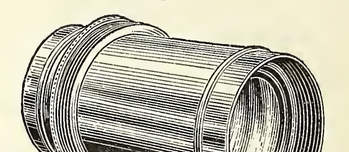
**22. Longs foyers.** — Inversement, lorsqu'on est obligé de tenir la lanterne à de grandes distances de l'écran, pour une même grandeur d'image, il y a lieu d'employer des objectifs à longs foyers. Dallmeyer a, dans ce but, modifié

---

[1] Les lentilles d'avant ont $0^m,043$ de diamètre, celles d'arrière $0^m,052$.

la combinaison Petzwal, et a écarté beaucoup les deux

Fig. 10.



Objectif long foyer.

systèmes de lentilles. Cet objectif de grand diamètre (*fig.* 10), travaillant sans diaphragme, est extrêmement lumineux.

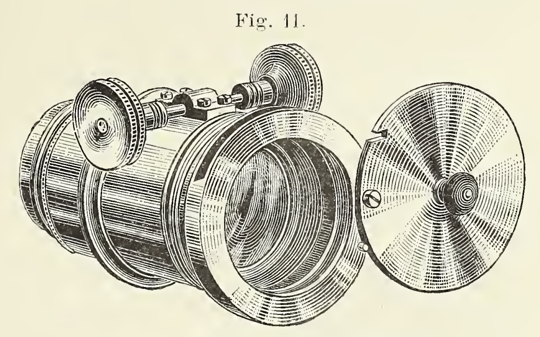
**23. Montures d'objectifs.** — Les objectifs, comme nous l'avons dit, sont montés à crémaillère, mais, dans les appareils perfectionnés, la crémaillère agit sur un tube porte-objectif, dans lequel on peut glisser à frottement diverses combinaisons optiques, ce qui permet de substituer celles-ci très rapidement les unes aux autres.

Il est souvent nécessaire d'éloigner fortement l'objectif du tableau lorsqu'on emploie les combinaisons à long foyer; en Angleterre, on emploie dans ce but la monture à triple crémaillère de Wrench. Cette disposition permet l'emploi des longs et courts foyers sans augmenter par trop la hauteur du cône. Elle est souvent très utile lorsqu'on fait des agrandissements. Nous verrons, en effet, en traitant ce sujet, que, dans le cas d'agrandissements peu considérables, il y a souvent lieu d'avancer beaucoup l'objectif en avant du phototype.

**24. Obturateurs.** — Dans les petits appareils, on emploie comme obturateurs le bouchon habituel des photo-

graphes, constitué par une sorte de couvercle en cuivre ou en carton gainé. Dans les grands appareils, on emploie de préférence le *tourniquet* (*fig.* 11), qui se compose d'un disque métallique tournant dans un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau sur l'extrémité d'un de ses diamètres, autour d'un pivot fixé sur la monture de l'objectif. Une tête

Fig. 11.



Objectif de projection à tourniquet.

de vis, sur laquelle il vient butter, le maintient en position lorsqu'il est ramené devant l'ouverture de l'objectif.

L'obturateur à volet se compose d'un disque ou d'une plaquette métallique, montée à charnière sur un des côtés de l'objectif et se rabattant sur l'ouverture à la façon d'un volet de fenêtre. Ce mode d'obturateur a l'avantage de couper très rapidement le rayon lumineux et, par suite, est fort employé dans la fantasmagorie.

Un obturateur en *œil de chat*, qui ouvre et ferme graduellement l'ouverture de l'objectif, est très utile pour obtenir certains effets, aurore ou tombée de la nuit : nous le décrirons plus loin en étudiant les appareils doubles.

# CHAPITRE IV.

## LES FORMES DE LA LANTERNE.

—

## PROJECTION DES CORPS TRANSPARENTS.

Classification des lanternes. — Les lanternes magiques. — Lanterne Molteni. — Lanterne Laverne. — Appareils de projections simples. — Polyoramas. — Vues fondantes. — Écran fondant. — Œil de chat. — Robinet fondant.

**25. Classification des appareils.** — La lanterne de projection a pris de multiples formes, qui dépendent de la source lumineuse, du but à atteindre, de la combinaison optique employée. On peut, au point de vue du but cherché, les diviser en diverses catégories qui sont les suivantes :

(*a*) Si l'objet à agrandir est transparent et l'image reçue sur un simple écran blanc, on a la *lanterne de projection* proprement dite, dont la forme la plus ordinaire est la *lanterne magique*.

(*b*) Si l'objet est transparent et l'image reçue sur une surface sensible, on a la *lanterne d'agrandissement,* qui sert aux images photographiques.

(*c*) Si l'objet est opaque, il sera éclairé par réflexion et la

lanterne prendra les divers noms de *mégascope* (qui voit grand), *aphengescope* (qui voit les corps opaques) ou plus simplement *lanterne pour corps opaques*.

(*d*) Si l'objet est transparent, mais de dimensions très réduites, et nécessitant par suite un système optique de fort grossissement, on a le *microscope de projection*.

(*e*) Lorsque l'appareil est destiné à la production de spectres ou de fantômes, il porte le nom de *fantascope* ou *lanterne de fantasmagorie*.

(*f*) L'accouplement de deux ou plusieurs lanternes, de manière à fournir des images soit en même temps, soit successivement par substitution décroissante, porte le nom de *polyorama*. Dans le premier cas, une des lanternes sert à projeter l'ensemble d'un tableau, l'autre à l'animer; dans le second cas, les vues se succèdent et semblent se fondre l'une dans l'autre, d'où l'appellation d'*appareil à vues fondantes* ou, d'après l'anglais, *appareil dissolwing*.

La nature de la source lumineuse employée a fait donner aux appareils une suite de noms particuliers, savoir :

Lanternes à l'huile ou au pétrole, *lampascopes;*
Lanternes oxyhydriques;
Lanternes électriques, etc.

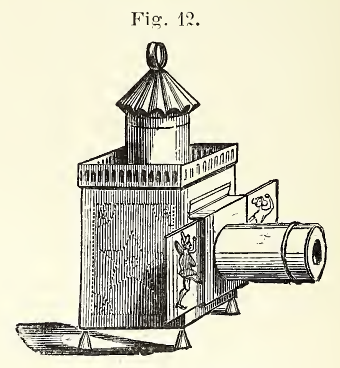
Dans ce Chapitre, nous étudierons seulement les lanternes destinées à la projection des corps transparents.

Les modèles sont très nombreux et les constructeurs se sont ingéniés à l'envi pour leur donner les formes les plus diverses : il ne peut entrer dans notre cadre de décrire tous les modèles, nous nous contenterons de montrer les principaux en indiquant leurs applications.

**26. Les lanternes magiques.** — Sous ce nom général

de *lanternes magiques* doivent être compris tous les appareils à faible grossissement, qui emploient les vues peintes sur verre et sont surtout destinés à faire la joie des enfants. Leur système optique se réduit à un condensateur formé par une lentille demi-boule (voir *fig.* 12) et une lentille biconvexe, pour objectif. Celle-ci est montée en avant d'un

Fig. 12.



La lanterne magique.

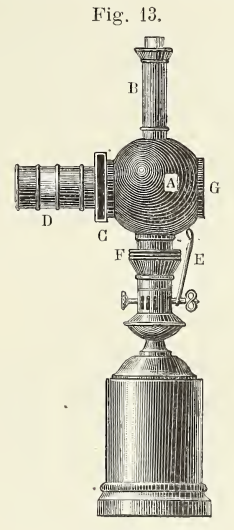
tube, qui coulisse à frottement dans une douille fixée au corps de la lanterne et renfermant le condensateur. Cette douille se relie au corps de la lanterne par une plaque en métal, repliée, formant glissière pour le passage des bandes coloriées. La forme de lanterne que nous reproduisons ci-dessus a été longtemps en faveur : éclairée par une petite lampe à huile, au lumignon fumeux, un simple disque de fer-blanc embouti lui servait de réflecteur. Les verres étaient glissés derrière le condensateur et l'image produite atteignait au plus $0^{m},50$ à $0^{m},60$.

**27. Le lampascope.** — Sous le nom de *lampascope*, un premier perfectionnement fut apporté à ce rudimentaire

appareil. La source lumineuse était fournie par les lampes à modérateur généralement employées, car ainsi que le montre la *fig.* 13, l'appareil remplaçait le globe ordinaire de la lampe.

Le lampascope comprend une chambre sphérique A, dis-

Fig. 13.




Le lampascope.

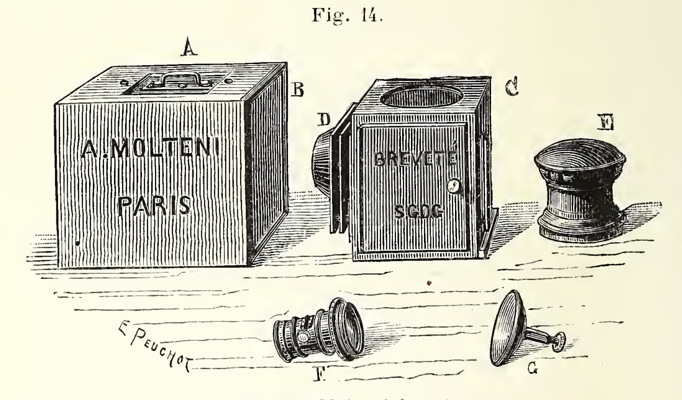
posée de telle façon que la flamme de la lampe occupe exactement le centre de cette sphère (1). Au besoin, pour arriver à ce but, on surélève l'appareil à l'aide de rondelles de carton F empilées sur la galerie. La sphère est surmontée d'une cheminée opaque B, entourant le verre de la lampe

(1) Si l'appareil est bien construit, le centre de la sphère doit être le centre de courbure du condensateur, c'est-à-dire au foyer de la lentille demi-boule.

et empêchant la lumière émise par celle-ci d'affaiblir l'image projetée. En avant de la chambre sphérique, est disposée la glissière C pour le passage des vues et le tube à rallonge portant le condensateur en demi-boule et la lentille objectif. Pour équilibrer ce système, un anneau muni d'une cordelette E vient se relier à une des clefs de la lampe ; enfin à l'arrière est placé le réflecteur G, qui dans certains modèles est monté sur charnières à la manière d'une porte, pour permettre la surveillance facile de la marche de la lampe : en général, le réflecteur est alourdi avec du sable pour faire contrepoids au système optique.

**28. Lanterne Molteni.** — C'était déjà là un progrès, la puissance lumineuse était singulièrement accrue : un habile constructeur parisien, M. Molteni, a apporté à ces appareils un perfectionnement notable en améliorant le système optique et en donnant à l'ensemble une forme plus pratique.

Fig. 14.

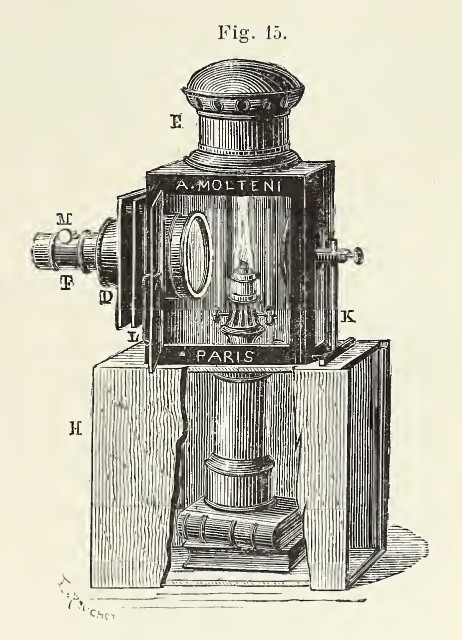



Lanterne Molteni fermée.

La lanterne repliée se réduit à une simple boîte cubique (*fig.* 14), munie à sa partie supérieure d'un poignée A, montée sur planchette mobile, et à l'arrière d'une porte coulissante B.

La boîte contient le corps de la lanterne et l'appareil op-

Fig. 15.




La même montée.

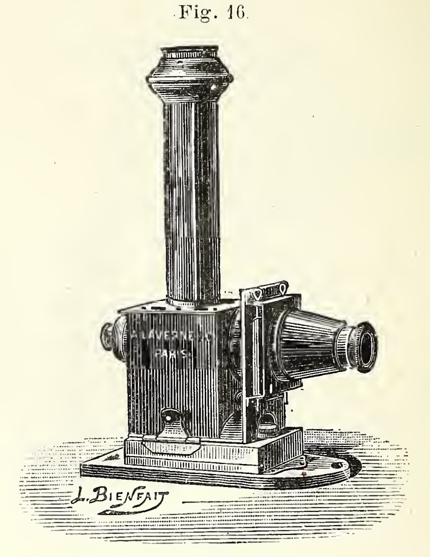
tique. La lanterne L (voir *fig.* 15), se place sur la boîte H, qui lui sert de support et, dans l'intérieur, on met une lampe modérateur qu'on élève de la quantité voulue, soit à l'aide de livres, soit mieux en glissant le fond mobile dans les crémaillères dont la boîte est munie intérieurement. Sur la lanterne se place la cheminée E et en avant, sur le cône

D, se visse l'objectif F. Enfin, à l'arrière, on dispose le réflecteur qui peut coulisser sur la tige K.

Un tel appareil peut donner, avec une bonne lampe modérateur, des images carrées de 1m,50 à 1m,75 de côté, suffisamment éclairées.

**29. Petite lanterne de Laverne.** — Une lanterne magique assez perfectionnée (*fig.* 16), a été construite par M. Laverne. Il emploie une lampe à pétrole, à mèche plate, qui forme elle-même le corps de la lanterne. Un condensateur double et un objectif simple constituent le système optique; cet appareil peut donner des images de 1m de hauteur, mais ne convient qu'à la projection des bandes coloriées; à ce titre,

Fig. 16.

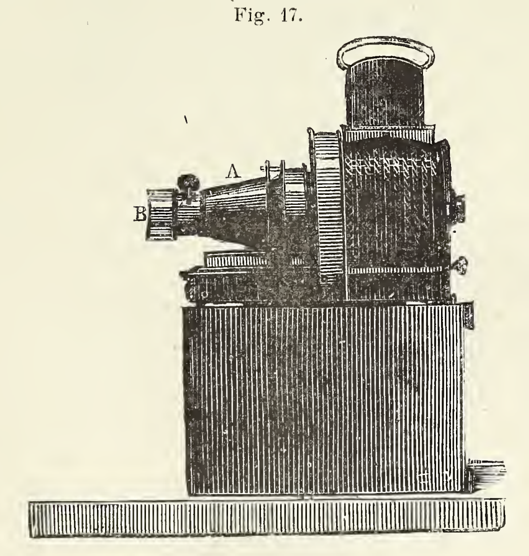



Petite lanterne à projection Laverne.

il est inférieur au précédent, mais est cependant un énorme progrès sur la lanterne magique d'autrefois. Cette disposition, consistant à supprimer le corps de lanterne, est très en faveur en Amérique, il existe même des modèles dans lesquels un miroir parabolique remplace ce corps de lanterne.

**30. Appareils de projection simples.** — Les appareils de projection se distinguent des premiers par un système

Fig. 17.




Lanterne universelle A. Laverne.

optique plus perfectionné, un pouvoir lumineux plus grand, ce qui permet d'obtenir des projections de plus fort diamètre.

Sous le nom de *Lanterne universelle,* M. Laverne a con-

struit un appareil (*fig.* 17) permettant d'obtenir des images rondes de $2^m$ à $2^m,50$. Il est entièrement construit en tôle et peut se renfermer, pour le transport, dans la boîte de tôle qui lui sert de support. Cet appareil est muni d'une lampe à pétrole, à trois ou cinq mèches, et il présente cette particularité que le condensateur est monté sur une paroi antérieure distincte du corps de la lanterne. Cette disposition a pour but d'éviter que l'échauffement du corps ne gagne les lentilles et par suite en amène l'éclatement.

L'objectif, du modèle double de Petzwal, quart de plaque, est monté sur un cône qui coulisse sur l'avant de la lanterne : grâce à cette disposition, on peut rapidement substituer à cet objectif d'autres montures, microscopes, appareil pour corps opaques, etc.; d'où son nom.

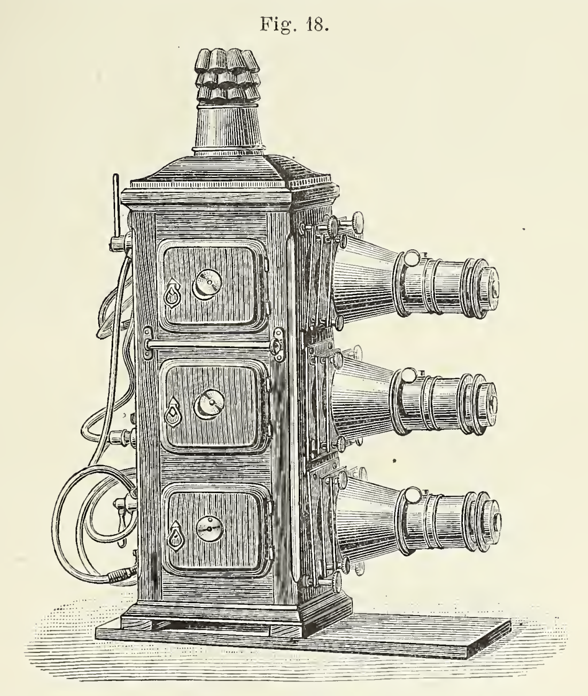
**31. Polyoramas.** — Les polyoramas sont constitués par la réunion de deux ou plusieurs lanternes destinées à fonctionner soit simultanément, soit alternativement. Au début, on se contentait de juxtaposer côte à côte deux lanternes; plus tard, on fut amené à les superposer pour rendre leur maniement plus facile. Telle est, par exemple, la lanterne triple (modèle anglais), représentée par la *fig.* 18.

Dans un tel système, il est indispensable que les trois faisceaux lumineux convergent vers un même point, de manière à superposer les trois images projetées; dans ce but, la platine, qui supporte le cône porte-objectif, est manœuvrée par des vis, de telle sorte que la tête du haut et celle du bas peuvent s'incliner vers la tête centrale : des ressorts de rappel facilitent et assurent la manœuvre.

Dans les appareils à deux têtes, la convergence des rayons lumineux s'obtient simplement par un bouton cenral, qui agit en même temps sur les deux platines. Il im-

porte, dans un tel dispositif, que le condensateur se meuve

Fig. 18.



Lanterne triple.

en même temps que l'objectif, pour éviter la déformation des images et les pertes de lumière.

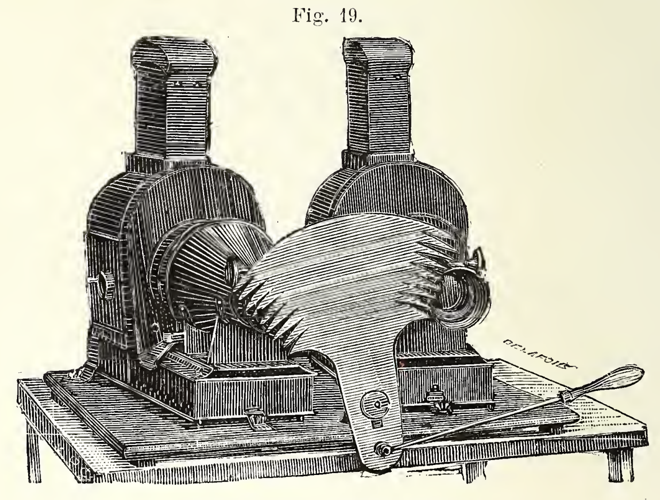
**32. Vues fondantes.** — Le principal avantage des appareils doubles est de permettre le changement des images sans que l'écran ne cesse d'être illuminé.

Si un des tableaux seul est projeté et que, par un moyen quelconque, on diminue peu à peu l'intensité de son éclai-

rage, tandis qu'à l'aide de l'autre tête on projette une image devenant de plus en plus lumineuse, on conçoit que, par cette substitution inversée d'effet des deux images, la première semblera s'évanouir peu à peu, tandis que la seconde tendra à la remplacer et il arrivera un moment où, la première disparaissant, l'autre atteindra son complet développement : cet effet, connu en Angleterre sous le nom de *dissolwing views*, s'appelle en France *vues fondantes*.

**33. L'écran fondant.** — On obtient ce résultat de diverses façons : le moyen le plus anciennement employé est

Fig. 19.



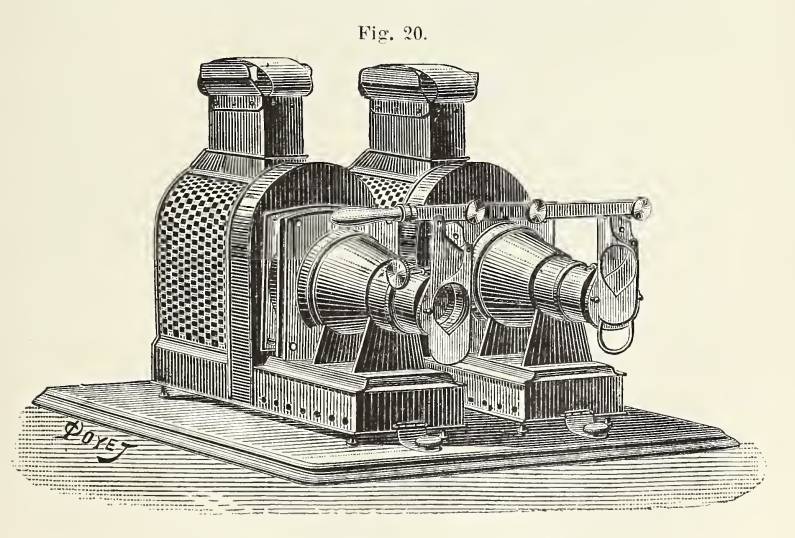
Appareil double à écran fondant.

celui représenté par la *fig.* 19, appelé *écran fondant*. Il se compose d'un écran en tôle dont les bords sont découpés en dents profondément entaillées. L'écran tourne autour d'un pivot inférieur et est manœuvré par une manette. Sa course

est réglée de telle sorte qu'à une de ses extrémités il présente sa partie pleine devant un des objectifs, tandis qu'il démasque complètement le second : on comprend qu'en le faisant basculer peu à peu dans la position inverse, il diminue graduellement la lumière d'un côté, tandis qu'il découvre progressivement l'autre. Ce dispositif est très en faveur en Angleterre et en Amérique et a été assez vite abandonné en France.

**34. L'Œil de chat.** — On lui préfère de beaucoup la disposition employée par M. Laverne et qu'on nomme *l'Œil de*

Fig. 20.




Appareil double avec œil de chat.

*chat* (*fig.* 20). Sur le parasoleil des objectifs on place un bouchon percé d'une large ouverture devant laquelle coulissent deux plaquettes percées d'un trou en forme de

poire. Ces deux plaquettes sont assemblées à pivot sur un levier pouvant basculer autour d'un axe central et leurs ouvertures sont disposées symétriquement, de telle sorte que le levier, en basculant dans un sens, les met en regard et permet, par suite, au faisceau lumineux d'émerger de l'objectif, tandis que, en basculant dans l'autre sens, les parties pleines, au contraire, sont mises face à face, ce qui éteint le faisceau. Les deux leviers sont réunis par une bielle (¹), de telle sorte que l'un soit à la position de fermeture, l'autre à celle d'ouverture : en agissant sur le levier, on ferme progressivement l'un des objectifs tandis qu'on ouvre l'autre précisément de la même quantité.

**35. Robinet fondant.** — Lorsqu'on se sert de la lumière oxyhydrique, tant pour ménager l'oxygène que pour obtenir un meilleur effet de *dissolwing,* on emploie un robinet spécial appelé *robinet fondant* ou *dissolver,* dont la fonction générale est de régler le débit du gaz dans les chalumeaux. Il est disposé de telle sorte, que dans une position de la clef, un seul des becs est alimenté en grand, l'autre se maintenant à l'état de veilleuse, sans pouvoir éclairant. En tournant le robinet, l'effet inverse se produit progressivement et, dans la position médiane de la clef, les deux lanternes sont également éclairées. (Position de la *fig.* 21.)

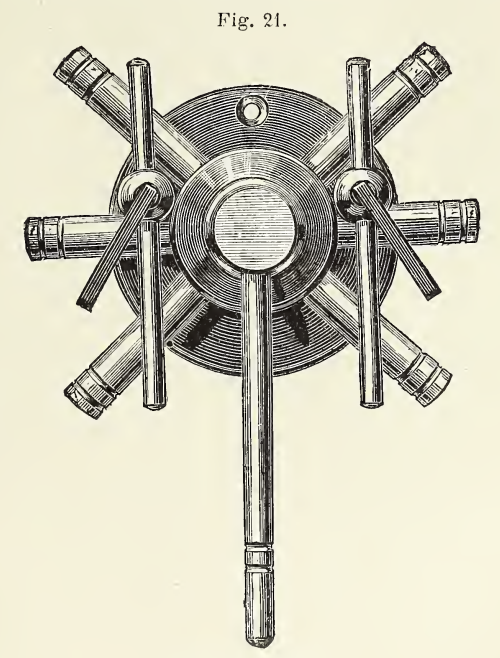
Dans le deuxième Volume, nous aurons à revenir sur cette question des vues fondantes; nous indiquerons le réglage et le mode d'emploi des divers appareils.

Nous signalerons seulement que nombre de construc-

(¹) Ces deux modèles d'appareils fondants ont subi de nombreuses variantes; mais les deux types décrits suffisent pour en montrer le principe général.

teurs ont cherché à obtenir les effets de dissolwing avec une seule lanterne et à mécaniser l'avant de celle-ci, de manière à faciliter le changement rapide des vues; nous exa-

Fig. 21.



Robinet fondant.

minerons ces modèles en détail dans le deuxième Volume, dans un Chapitre particulier.

La multiplicité des formes de la lanterne est considérable : au fond, elles se réduisent toujours aux trois mêmes parties principales que nous avons signalées (**8**). En France, on s'applique surtout à donner à l'appareil une forme extérieure élégante; en Amérique, on se préoccupe davantage

du côté pratique, et il faut avouer que si certains de ces modèles sont commodes, en revanche, ils sont très laids. Le plus souvent, le corps de la lanterne est en tôle, qui résiste mieux aux fortes températures développées; cependant, dans beaucoup de modèles, principalement ceux qui sont destinés aux cours, le corps est en acajou verni. Il est important, dans ce cas, que les bois soient bien secs et que les emboîtages soient montés à tenons et à vis pour empêcher le gondolement des planchettes. Les appareils scientifiques sont d'ordinaire montés sur colonne, ce qui permet d'employer des lampes de hauteur quelconque, en particulier les lampes électriques dont le mécanisme est assez volumineux : la forme de lanterne à colonne a été employée pour la première fois, croyons-nous, par Dubosq.

---

# CHAPITRE V.

## LES FORMES DE LA LANTERNE.

—

## PROJECTION DES CORPS OPAQUES.

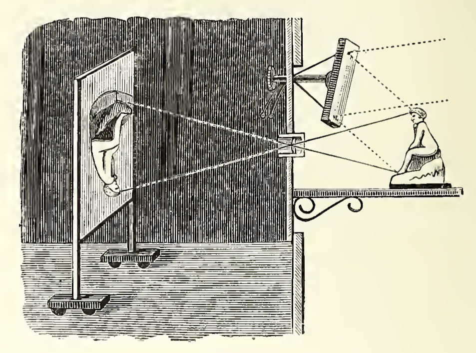
Définitions générales. — Marche des rayons lumineux. — Des images du mégascope. — Des objectifs. — Formes du mégascope. — Le lampadorama. — L'aphengescope. — Lanterne à double usage. — Applications du mégascope.

**36. Définitions générales.** — Les appareils destinés à la projection des corps opaques portent le nom général de *mégascopes*. Nous avons signalé plus haut quelques-uns des noms donnés à des modèles particuliers : aphengescope, camera lucida, wonder camera (chambre miracle), etc.

Tous ces appareils sont basés sur le principe même de la chambre noire; l'objet fortement éclairé est placé près d'une lentille qui projette l'image agrandie et renversée sur un écran. La *fig.* 22 nous montre la disposition que le physicien Charles employait. Il est évident qu'en vertu même du principe de l'appareil, l'image n'est fournie que par la lumière réfléchie et son intensité dépend par suite : 1° du pouvoir réfléchissant de l'objet; 2° de l'intensité de la lumière éclairante.

**37. Marche des rayons lumineux.** — La marche des rayons lumineux se comprend aisément par l'inspection seule de la figure ; la lumière arrive à 45° sur l'objet, elle se réfléchit normalement pour pénétrer dans l'objectif. Si

Fig. 22.



Mégascope de Charles.

l'objet est compris entre le foyer principal et le double de la longueur focale (**8**), l'image est agrandie.

On peut employer soit un seul foyer de lumière, soit, pour augmenter la puissance lumineuse, deux foyers placés symétriquement de chaque côté de l'objet. Dans quelques appareils la lumière frappe directement l'objet, dans d'autres elle est réfléchie par une glace. Quel que soit le procédé employé, il importe que l'objet soit très vivement éclairé et l'image fournie est toujours de beaucoup inférieure comme éclat à la source première, ce qui ne permet pas d'obtenir des tableaux de grandes dimensions. En général, avec ces appareils on ne peut guère compter sur une image excédant $1^m,20$ à $1^m,50$, même en employant une lumière très vive, telle que l'oxhydrique.

**38. Des images du mégascope.** — L'image est inversée à la façon des images spéculaires, c'est-à-dire que la droite est vue à gauche et réciproquement : par exemple, le portrait d'une personne décorée se projette avec la décoration sur le côté droit. Cet effet se produit dans les cas de projections directes ou par réflexion; si au contraire l'image est vue par transparence, c'est-à-dire sur la face de l'écran opposée à la lanterne, l'image reprend son vrai sens.

Le mégascope donnant des images produites par réflexion, celles-ci ont exactement les couleurs du modèle. Des chromolithographies, des objets teintés donnent des images colorées dont les couleurs sont un peu éclaircies par leur mélange avec la lumière blanche en excès, mais dont les teintes relatives sont justes et donnent lieu à de fort jolies projections.

Les objets métalliques ont un éclat tout particulier, tels la cuvette d'une montre en or, un bijou avec pierreries, etc.

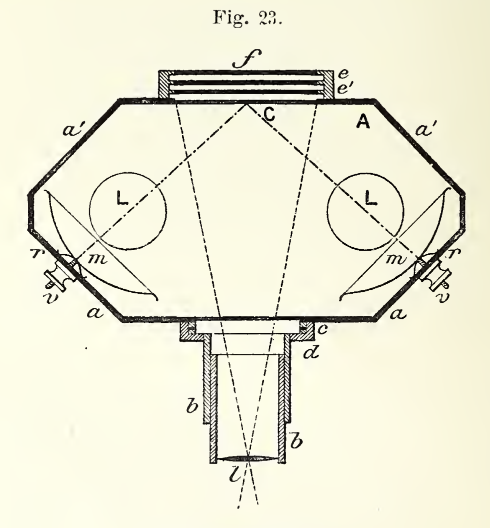
**39. Des objectifs.** — Lorsqu'on ne doit projeter que des objets plans, un objectif quart de plaque non diaphragmé sera le plus convenable, car il a l'avantage d'être très lumineux, point capital, puisque l'objet ne fournit relativement que peu de lumière. Mais cet objectif a l'inconvénient d'avoir peu de profondeur; si les objets ont un certain relief, il est impossible avec un tel objectif de mettre tous les plans au point et, pour obtenir un bon résultat, ou bien il faudra diaphragmer ou se servir d'un objectif ayant plus de profondeur. Dans ces deux cas, l'image aura moins d'intensité et il y aura lieu, par suite, de ne pas chercher à obtenir un fort grossissement.

**40. Des formes du mégascope.** — Le mégascope a reçu

de nombreuses formes; nous citerons seulement celles qui sont le plus communément employées.

**41. Le lampadorama.** — Parmi les appareils simples, on trouve le *lampadorama,* qui se compose essentiellement d'une caisse métallique allongée, dont on coiffe deux lampes

Fig. 23.



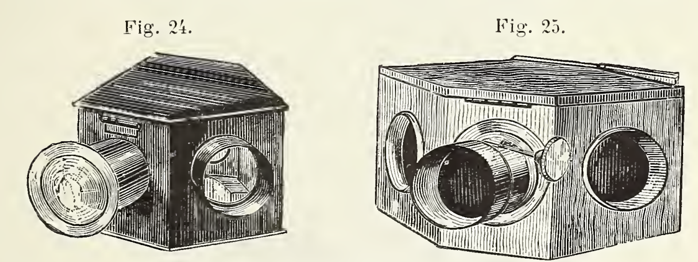

Le lampadorama.

à huile ou à pétrole placées côte à côte (LL, *fig.* 23). Deux réflecteurs, *m m*, retenus par des boutons molletés, *v v*, et munis de ressorts antagonistes, *r r*, concentrent la lumière des deux lampes sur l'épreuve photographique ou la gravure placée en C. Les rayons réfléchis par l'objet viennent tomber sur une lentille *l*, montée sur un double tube à glissière *b b*. Dans certains lampadoramas perfectionnés, on peut remplacer l'épreuve C par un miroir placé dans les glis-

sières *ee*; la lumière des lampes est alors projetée en avant sur une vue transparente mise dans la glissière *c*, et l'appareil joue alors le rôle de lanterne de projection habituelle. Afin de perdre le moins possible de rayons, il sera bon d'employer en C un miroir concave à long foyer qui jouera en quelque sorte le rôle de condensateur.

**42. Aphengescope.** — Sous le nom d'aphengescope, nous est venue d'Angleterre une forme particulière du mégascope, reposant toujours sur le même principe. Une boîte

Fig. 24. Fig. 25.



Aphengescopes simples et doubles.

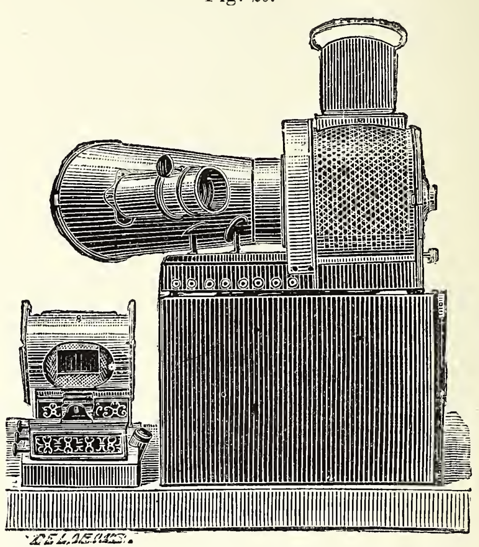
prismatique (*fig.* 24) est disposée de la manière suivante : une de ses faces est munie d'une ouverture circulaire avec un rebord qui sert à coiffer le condensateur d'une lanterne de projection dont on a retiré le cône porte-objectif. Vis-à-vis de cette ouverture, est disposée une autre face de la boîte faisant un angle de 45° avec la première. Cette partie est munie d'une porte avec coulisseaux, dans lesquels on introduit le tableau ou les objets à projeter. Normalement est monté, sur une autre face, l'objectif.

On augmente le pouvoir de l'appareil en l'éclairant de deux côtés à la fois; on a ainsi le mégascope double (*fig.* 25).

Ce mode de construction a été appliqué par de nombreux

fabricants qui ont apporté diverses modifications revenant toutes à cette forme première. Nous citerons entre autres la forme conique en tôle adoptée par Laverne (*fig.* 26).

Fig. 26.



Cône pour corps opaques.

L'appareil, comme on le voit, se glisse sur l'avant de la lanterne universelle à la place du porte-objectif.

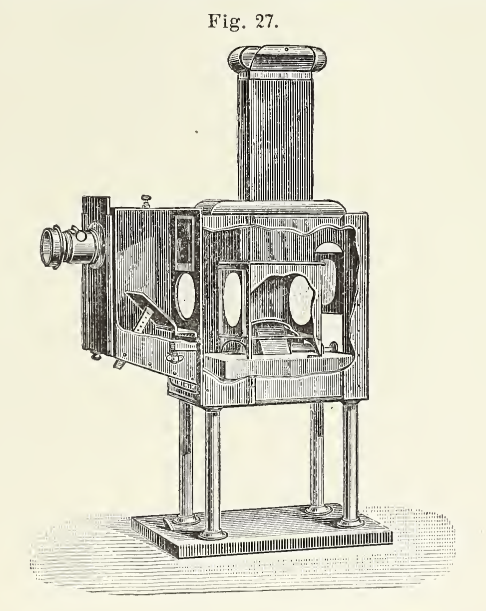
Quel que soit le modèle, cette disposition a l'inconvénient de rejeter le rayon lumineux vers l'arrière suivant un angle de 135°, ce qui nécessite le déplacement de la lanterne.

**43. Lanterne à double usage.** — Pour parer à cet inconvénient et permettre de faire succéder facilement les projections ordinaires aux projections opaques, et réciproquement, plusieurs constructeurs ont employé une forme

dont le modèle ci-joint (*fig.* 27), dû à M. A. Laverne, donnera l'idée.

En avant du condensateur est fixée une boîte allongée, suivant la hauteur, et qui remplace le cône porte-objectif. L'objectif se visse sur la paroi antérieure, où deux ouver-

Fig. 27.



Lanterne à double usage, système Laverne.

tures filetées ont été ménagées, l'une en face du condensateur, l'autre un peu plus haut. L'objectif étant vissé à la partie inférieure, la lanterne sert pour les projections par transparence, et une ouverture latérale avec plaquette de pression sert au passage des vues transparentes. Pour la projection des corps opaques, l'objectif est vissé à la partie supérieure, et une glace est relevée en avant du condensa-

teur. Cette glace réfléchit la lumière sur l'objet opaque, qui se glisse à la partie supérieure de la lanterne.

Pour rendre plus rapides les manipulations, l'objectif, dans les derniers modèles, a été monté sur planchette coulissante; celle-ci, par un simple mouvement de haut en bas ou réciproquement, prend rapidement la position voulue, dans laquelle elle est du reste assurée à l'aide d'un verrou.

**44. Applications du mégascope.** — Considéré comme appareil de projection proprement dit, le mégascope ne peut rendre que des services restreints à cause du peu de clarté des images qu'il fournit [1], il ne peut être employé pour les agrandissements photographiques puisqu'il inverse les images; cependant, si l'on opère sur plaque ou sur pellicule en imprimant sur le dos des couches sensibles, on peut au besoin l'employer; mais comme *chambre claire,* c'est-à-dire servant au dessinateur à poser les grandes lignes d'un tableau, il pourra être de quelque utilité, à la condition, bien entendu, que l'image soit vue par transparence.

---

[1] Cependant il est juste de dire qu'il a été quelquefois employé avec des éclairages très intenses et a pu donner dans ce cas de bons résultats.

# CHAPITRE VI.

## LE MICROSCOPE DE PROJECTION.

Considérations générales. — Marche des rayons. — Cuves d'alun. — Loupes de projection. — Microscopes de projection. — Microscope solaire. — Microscope électrique. — Condition des préparations. — Photomicrographies.

**45. Considérations générales.** — Le microscope de projection, ainsi que son nom l'indique, est destiné à projeter en grandes images, facilement perçues par tout un auditoire, les structures intimes des infiniment petits. L'invention du microscope de projection est due à Lieberkuyn, membre de l'Académie royale de Berlin (1743) ; l'appareil fut très étudié par l'abbé Nollet, qui le perfectionna beaucoup (1745) ; la source lumineuse dont se servaient ces deux physiciens était la lumière du soleil, d'où le nom de microscope solaire qui fut donné à l'instrument.

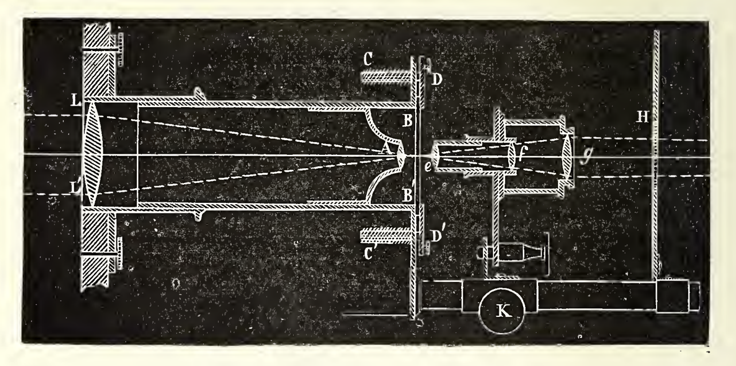
En 1850, Foucault et Donné, qui venaient d'inventer un appareil à lumière électrique, firent construire par Dubosq le premier microscope photo-électrique.

Le microscope de projection exige l'emploi de lumière très intense, les objectifs ont une très faible ouverture, un foyer très court, l'amplification doit être très grande ; pour ces diverses raisons, ainsi que le lecteur le comprend aisément d'après ce qui précède, il se fait dans l'appareil

des pertes considérables de lumière, et l'image ne peut avoir de l'éclat que si la lumière est elle-même très vive.

**46. Marche des rayons.** — La *fig.* 28 donne la coupe d'un microscope de projection ([1]) et nous montre la marche des rayons. La lumière est d'abord concentrée par une len-

Fig. 28.




Coupe du microscope de projection.

tille à long foyer LL sur une plus petite lentille A à court foyer, qui réunit tous les rayons sur la préparation BB', tenue entre les plaques de la platine DD', serrées elles-mêmes l'une contre l'autre par des ressorts à boudin CC'; en avant est l'objectif du microscope coulissant sur une colonne carrée et mû par le pignon K. Le faisceau émané de l'objectif rencontre le diaphragme H, qui ne laisse passer que les rayons centraux.

---

([1]) Dans le microscope de projection, comme on le voit, l'oculaire du microscope ordinaire est supprimé; du reste, celui-ci agissant comme une loupe ne donnerait pas d'image réelle.

**47. Cuves d'alun.** — La lumière est toujours accompagnée de chaleur, et l'on conçoit que, si les condensateurs réunissent toute la lumière en ce point, ils y concentrent en même temps une très forte chaleur, qui aurait pour résultat de détruire très rapidement les objets ou de tuer les organismes vivants que l'on désirerait projeter. Il y a donc lieu de dépouiller le faisceau de ses rayons calorifiques; on y arrive en interposant une cuve de verre remplie d'une solution d'alun [1] à saturation. Comme cette solution ne tarde pas à s'échauffer par l'absorption de la chaleur, il est utile de faire communiquer la cellule qui la contient avec un récipient plus élevé rempli d'une certaine quantité d'eau alunée; par différence de densité (la solution chaude est plus légère), il s'établit un double courant, ascendant d'alun chaud et descendant d'alun froid; on peut, par ce procédé, maintenir la préparation à une température relativement basse [2] pendant un laps de temps assez long.

**48. Loupes de projection.** — Pour les appareils ordinaires éclairés au pétrole, ou à l'oxyhydrique, on a établi une sorte de loupe de projection n'ayant qu'un faible pouvoir grossissant, mais suffisant, en général, pour la projection de préparations d'une certaine dimension.

La *fig.* 29 donne le détail du support : il se compose d'un corps en cuivre, qui se visse à la place de l'objectif; il est percé d'une double fente latérale pour le passage des préparations. Dans l'intérieur coulisse un tube fermé à la

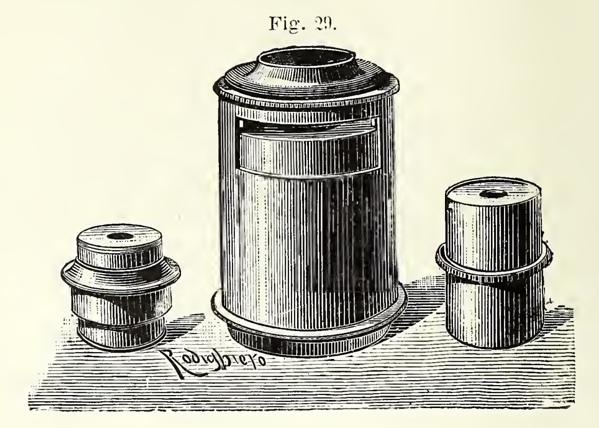
---

[1] On emploiera de préférence l'alun de soude, plus soluble que l'alun de potasse ; en effet, 100 parties d'eau dissolvent 110 parties du premier et seulement 8 parties du second.

[2] Nous disons relativement basse, parce que l'alun n'arrête pas tous les rayons calorifiques.

partie antérieure par une plaquette percée au centre d'une ouverture ronde et qui joue le rôle de platine. Un ressort à boudin, qui prend point d'appui sur la base du corps et sur la platine, pousse celle-ci en avant et assure la mise en place de la préparation. Sur la partie antérieure du corps peuvent

Fig. 29.



Loupe de projection.

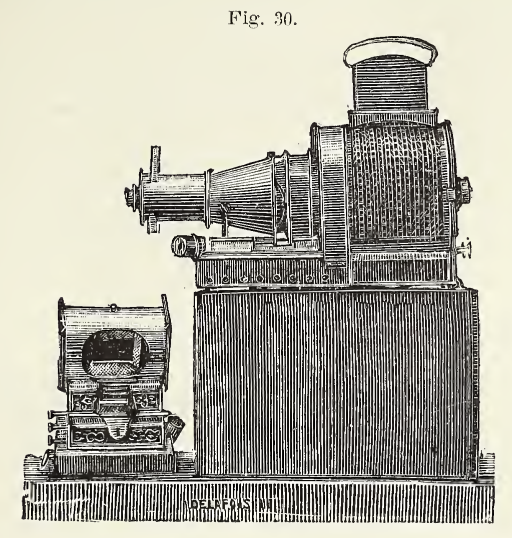
se visser deux loupes de pouvoirs grossissants différents; la mise au point s'obtient en vissant ou en dévissant plus ou moins les loupes.

Elles sont composées de deux verres et portent, par suite, le nom de *doublet :* elles sont fortement diaphragmées à l'avant, pour éviter les rayons marginaux.

**49. Microscopes de projection.** — Lorsqu'il s'agit d'obtenir des projections d'animalcules, ou de préparations très petites, on emploie un microscope composé, semblable à celui dont nous avons donné la coupe et la description plus haut (**46**) et dont la *fig.* 31 nous montre un modèle.

Pour donner aux projections une plus grande surface, on

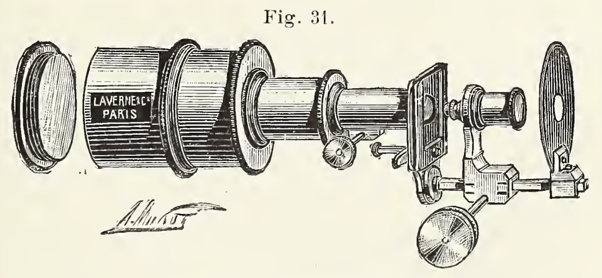
Fig. 30.



Loupe de projection montée sur appareil.

munit souvent la tête de l'objectif, du côté du diaphragme,

Fig. 31.




Microscope pour oxyhydrique.

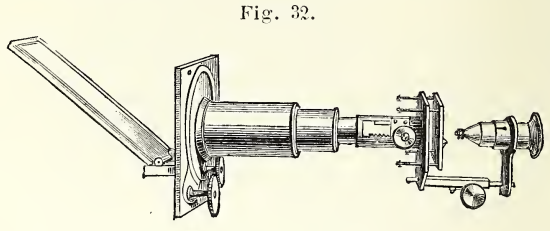
d'une lentille plan-concave ou biconcave; ce dispositif

disperse davantage le cône lumineux, amplifie par suite le grossissement, mais bien entendu aux dépens de l'éclat général de l'image.

Dans la *fig.* 31 on a figuré, sur la gauche, un condensateur, qui se visse sur le tube pour transformer l'appareil en microscope solaire.

**50. Microscope solaire.** — L'appareil précédent peut être, en effet, employé comme microscope solaire; il suffit

Fig. 32.



Microscope solaire.

de le fixer sur une planchette, qui est adaptée à la cloison de la chambre où se font les projections microscopiques. Cette cloison est percée à la demande du condensateur. Au dehors, est placé un miroir, qui peut prendre toutes les inclinaisons possibles pour réfléchir le rayon solaire dans l'intérieur du microscope. A cet effet, non seulement il tourne autour d'un de ses côtés de manière à prendre telle orientation voulue par rapport au plan du volet, mais encore il tourne suivant l'axe même du microscope : les deux vis qui sont figurées sur la planchette et qui se manœuvrent de l'intérieur servent à obtenir ce double mouvement.

Avec un pareil dispositif, il y a lieu de surveiller d'une façon constante la position du miroir, de manière à ce que celui-ci suive le soleil dans son mouvement apparent : aussi

est-il préférable d'avoir un miroir à inclinaison fixe, sur lequel se réfléchit le rayon envoyé par un héliostat.

**51. Condition des préparations.** — Les préparations doivent être très transparentes, surtout lorsqu'on emploie des sources lumineuses faibles; les préparations au baume du Canada sont les meilleures. Les liquides contenant des infusoires sont déposés dans une petite concavité, creusée sur une lame de cristal, puis recouverte avec une lamelle de verre mince. Il faut avoir soin de placer celle-ci par un mouvement de glissement, de manière à empêcher l'emprisonnement des bulles d'air, qui se traduiraient dans la projection par des points noirs à centre brillant.

**52. Microphotographies.** — Il sera de beaucoup préférable, lorsqu'on n'aura pas d'organismes vivants à projeter, d'employer des microphotographies, auxquelles on peut donner des agrandissements considérables.

---

# CHAPITRE VII.

## LES SOURCES LUMINEUSES.

Conditions de la source lumineuse. — Les diverses sources de lumière. — Valeur de ces diverses sources. — I. Lampes à huile végétale. — Les progrès de l'éclairage à l'huile. — Les parties de la lampe. — L'huile. — Huile de spermacéti. — II. Lampes à pétrole. — L'huile de pétrole. — Raffinage du pétrole. — Caractères d'un bon pétrole. — Lampes à pétrole. — Becs à mèche ronde. — Becs à mèche plate. — Insufflation d'oxygène. — Avantages du pétrole. — Inconvénients. — Les soins à donner aux lampes à pétrole.

**53. Conditions de la source lumineuse.** — La source lumineuse est, en quelque sorte, le point capital, puisque le grossissement dépend de son intensité. Les conditions qu'elle doit remplir sont les suivantes :

1° Avoir une grande intensité.

2° Occuper un espace restreint pour mieux être saisie par le condensateur.

3° N'émettre des radiations que du côté du condensateur, les autres radiations étant perdues ou incomplètement récupérées par le réflecteur.

Plus le foyer lumineux satisfera à ces trois conditions, plus son rendement sera considérable : il en résulte, en particulier, que le gaz d'éclairage, avec sa flamme à large surface, ne peut être employé dans les lanternes de projection.

**54. Les diverses sources de lumière.** — En dehors de la lumière solaire, abandonnée par suite de son instabilité, les sources de lumière employées sont les suivantes :

Lampes à l'huile végétale;
Lampes à l'huile minérale (pétrole);
Lumière oxyhydrique;
Lumière au magnésium;
Lumière électrique.

Nous les avons citées par ordre croissant d'intensité.

**55. Valeur de ces diverses sources.** — Les lampes à l'huile et au pétrole présentent les inconvénients suivants : surface éclairante très large, radiations en tous sens, lumière jaune rougeâtre modifiant les teintes des tableaux coloriés. Mais leur facilité d'emploi et leur faible prix de revient fait passer souvent sur ces défauts. Avec une telle source, on ne peut guère dépasser $2^m$ de hauteur pour le disque éclairé. Leur pouvoir varie de 7 à 60 bougies.

Il est utile de préciser ici la valeur de cette évaluation : si une bougie décimale est capable d'éclairer à une distance D une surface S, avec une intensité que nous prendrons pour unité, une lampe Carcel de 8 bougies, placée à la même distance D, éclairera cette même surface avec une intensité huit fois plus grande.

La lumière oxyhydrique satisfait aux trois conditions exigées, elle est très fixe et d'une blancheur éblouissante : son pouvoir éclairant peut varier de 200 à 500 bougies.

Il en est de même de la lumière électrique, plus particulièrement de la lumière à arc, qui peut fournir jusqu'à 1500 bougies.

La lumière du magnésium se place, par son pouvoir éclairant, entre ces dernières sources, mais elle a l'inconvénient

d'émettre des fumées blanches qui se déposent sur les condensateurs, et l'on n'est pas arrivé à s'en servir d'une manière pratique. En revanche, cette lumière, riche en rayons actiniques, sera très propre à la pratique des agrandissements.

Cette classification générale posée, nous étudierons dans ce Chapitre les éclairages produits par la combustion des huiles végétales et minérales.

### I. — Lampes à huile végétale.

**56. Les progrès de l'éclairage à l'huile.** — Les premières lampes à huile dont le P. Kircher faisait usage dans sa lanterne magique étaient constituées par un simple godet, dans lequel trempait une mèche plate de coton tressé; la combustion se faisait dans les plus mauvaises conditions; aussi la flamme, n'atteignant qu'une température peu élevée, donnait une lumière rougeâtre et dégageait beaucoup de fumée : l'ascension de l'huile n'était assurée que par la capillarité.

Lorsqu'en 1782, Argand eut l'idée de soulever le réservoir et faire arriver l'huile directement à une mèche cylindrique, au centre de laquelle l'air pouvait circuler, et qu'il eut activé le tirage à l'aide d'une cheminée en verre, ce fut un énorme progrès. L'année suivante, Quinquet, pharmacien à Paris, améliorait ce premier dispositif en munissant la cheminée de verre d'un étranglement ou coude, qui assurait mieux le mélange des gaz et la combustion complète.

Ces lampes furent bientôt baptisées du nom de *Quinquet*, au grand désespoir d'Argand, qui ne cessa de réclamer; Robertson les employa pour ses séances de fantasmagorie, qui firent courir tout Paris.

Quelques années plus tard, un horloger, Carcel (1800), imagina de reporter le réservoir en dessous du bec pour éviter les ombres portées et assura l'ascension de l'huile par un système de petites pompes mises en jeu par un mouvement d'horlogerie. Enfin, plus tard, le mouvement de Carcel, coûteux et assez sujet à se déranger, fut remplacé par un piston actionné par un fort ressort et le tube d'ascension de l'huile muni d'une soupape spéciale à tige pour régler uniformément le débit, malgré les poussées inégales du ressort : cette lampe est connue sous le nom de *lampe modérateur,* qu'elle doit à la soupape dont nous venons de parler.

Telle est, en ses traits généraux, l'histoire de la lampe à huile.

**57. Les parties de la lampe.** — La lampe à huile comprend essentiellement quatre parties :

1° Le *réservoir*, qui sert à contenir l'huile d'alimentation : il doit être entretenu très propre, et, lorsque la séance est terminée, l'huile doit être entièrement enlevée, sinon il se formerait, tant par une sorte de *résinification* de l'huile au contact de l'air, que par l'absorption des poussières de l'atmosphère, une sorte de *cambouis*, qui, en se mêlant à l'huile fraîche, en diminuerait la fluidité et, par suite, en gênerait l'ascension.

2° Le *bec,* où a lieu la combustion; il doit être soigneusement essuyé pour les raisons ci-dessus données. Il est muni d'une mèche en coton tressé : celle-ci doit être très sèche lorsqu'on l'insère dans le bec, sinon, par suite de l'évaporation de l'eau, on s'exposerait à voir la flamme pétiller et lancer des gouttelettes d'huile bouillante, qui pourraient amener la rupture du verre. La mèche doit être

coupée très nettement, au ras du bec, en ne laissant qu'un très léger liseré de coton carbonisé, pour favoriser plus tard l'allumage rapide de la lampe. Si la lampe a été un temps excédant une semaine sans être employée, il sera bon de changer la mèche, sinon celle-ci se trouverait imprégnée d'huile rance qui nuirait au bon fonctionnement de l'appareil.

Le rôle de la mèche n'est pas seulement d'aider à l'ascension de l'huile, mais encore elle a pour but, en divisant celle-ci, d'accroître la surface inflammable.

3° Le *mécanisme* sert à faire monter l'huile, et son entretien dépend du système employé.

4° La *cheminée* active le tirage, c'est-à-dire force l'air à affluer autour du bec et, en favorisant la combustion, à élever la température.

**58. L'huile**. — Les huiles végétales les plus employées sont celles d'olive, de colza, de navette et d'œillette. La première est de beaucoup la meilleure et donne une flamme plus blanche; elle a de plus l'avantage de rancir moins vite.

L'huile doit être épurée, c'est-à-dire privée, par un traitement chimique, de certaines matières organiques qui la rendent trouble et épaisse. Cette épuration se fait d'ordinaire par les acides, dont il importe ensuite de la débarrasser exactement, sinon la mèche se noircit rapidement et la flamme est fuligineuse. Une bonne huile bien épurée doit être neutre au papier de tournesol, ne doit en brûlant ni noircir, ni charbonner la mèche, ni la couvrir de champignons.

L'huile ne donne, en brûlant, qu'une température peu élevée, par suite elle a un pouvoir éclairant médiocre; on

augmente sa puissance en la saturant de camphre, mais, dans ce cas, l'huile doit être mise très chaude dans la lampe, sinon le camphre, en se déposant sur le bas de la mèche, en détruirait la capillarité ([1]).

**59. Huile de spermacéti.** — En Angleterre, on emploie beaucoup l'huile de spermacéti (*sperm oil*), qui est d'origine animale; elle est extraite des cervelles de certains cétacés. On lui donne un pouvoir éclairant plus considérable en lui ajoutant 100gr de camphre par litre; on assure la dissolution en chauffant l'huile.

## II. — Lampes à pétrole.

**60. L'huile de pétrole.** — Le pétrole, littéralement *huile de pierre,* était déjà connu depuis longtemps, mais par suite des procédés d'épuration alors employés, très rudimentaires, on n'avait pu s'en servir comme succédané aux huiles végétales; il donnait en effet une fumée acre, épaisse, qui ne permettait pas de l'employer aux usages domestiques et, sous le nom d'*huile de Seneca*, le pétrole restait dans les officines des pharmaciens. De 1830 à 1850, de nombreuses tentatives furent faites pour en tirer parti; nous signalerons en particulier les travaux de Selligues pour utiliser l'huile extraite des schistes d'Autun. Vers 1859, la découverte de gisements importants de pétrole en Amérique ramena l'attention sur ce produit : nous ne ferons que rappeler cette période de travail et de spéculation ef-

([1]) L'adjonction du camphre est motivée par cette raison que la flamme, pour être brillante, doit contenir des particules de carbone incandescent; or le camphre est très riche en carbone.

frénée qui transforma tout un coin de la Pensylvanie et fit donner à une vallée sauvage, jusqu'alors innomée, le nom caractéristique d'*Oil creeck*, la vallée d'huile. Alors commença une exploitation à outrance, appelée avec juste raison la *fièvre de l'huile*. Des puits furent creusés à des profondeurs considérables; la devise de ces hardis spéculateurs était caractéristique : *Oil*, *hell or China*, c'est-à-dire de l'huile ou l'enfer, ou au besoin la Chine (qui se trouve aux antipodes). Des fortunes furent édifiées en des temps très courts, et l'on ne désigna plus certains de ces heureux découvreurs que du nom de *rois de l'huile*.

Bientôt après, aux environs de la mer Caspienne, dans le Caucase, à Bakou, on trouvait des mines de pétrole qui ne cédaient en rien aux mines américaines; en peu de temps le pays des Parsis ou Guèbres, les anciens adorateurs du feu, se convertissait en une immense usine où le pétrole était extrait et raffiné.

**61. Raffinage du pétrole.** — Le pétrole, tel qu'il est extrait des puits américains ou caucasiens, est mélangé d'eau saumâtre et de sable; après décantation, il se présente sous la forme d'un liquide épais, d'une couleur brun foncé, à reflets verdâtres. Il est distillé et, suivant la température, il passe des liquides différents qui sont : entre 75° et 120°, les huiles légères ou essences de densité variant entre 0,700 et 0,740. Entre 150° et 280°, on recueille l'huile d'éclairage, appelée aussi *huile lampante, kérosène, photogène*, etc., dont la densité varie de 0,78 à 0,81. Viennent ensuite les huiles lourdes, la paraffine, le brai, etc., dont nous n'avons pas à nous occuper.

Les huiles destinées à l'éclairage, passant entre 150° et 280°, doivent subir un raffinage avant d'être livrées au

commerce. On les traite par l'acide sulfurique, pour détruire certaines matières organiques, puis, après lavage à l'eau, par la soude caustique pour enlever l'excès d'acide.

**62. Caractères d'un bon pétrole.** — Un bon pétrole se reconnaît aux caractères suivants : par transparence, il est absolument incolore, légèrement fluorescent en bleu clair par réflexion. Il ne doit pas être inflammable à la température de 35° et avoir peu d'odeur. Il ne doit pas contenir d'*essence*, qui est un produit très dangereux, attendu que sa vapeur, qui se dégage à basse température, forme avec l'air un mélange détonant.

On reconnaît que le pétrole est bien rectifié et sans danger, en en mettant une petite quantité dans une capsule qu'on fait flotter sur un récipient d'eau à 40°; lorsque le pétrole a acquis cette même température, on présente à sa surface une allumette enflammée : un bon pétrole dans ces conditions ne doit pas prendre feu.

Le pétrole est souvent falsifié, tant pour le rendre combustible, que pour en abaisser le prix de revient, avec de l'essence; le Dr White a trouvé qu'un bon pétrole, ne s'enflammant pas à 45°, prenait feu à 39°, lorsqu'il était additionné de 1 pour 100 d'essence, à 33° de 2 pour 100, à 28° de 5 pour 100, à 15° de 10 pour 100. Ces deux derniers mélanges seraient très dangereux dans une lampe à pétrole.

**63. Lampes à pétrole.** — Les conditions de combustion du pétrole sont très différentes de celles des huiles végétales. Le pétrole, étant volatil, n'a pas besoin d'être porté à une température aussi élevée pour donner naissance à des gaz combustibles. Pour éviter une vaporisation trop rapide,

il y a même lieu de refroidir le brûleur et comme, d'autre part, les huiles minérales sont moins riches en oxygène que les huiles grasses, elles exigent un appel d'air considérable sinon, partie des vapeurs échappent à la combustion et se répandent dans l'air en donnant une odeur caractéristique très désagréable. On peut donc dire en thèse générale que, lorsqu'une lampe à pétrole, employant de l'huile bien rectifiée, donne de l'odeur, c'est que la ventilation de cette lampe est insuffisante (1).

On emploie pour brûler le pétrole deux sortes de mèches : les mèches plates et les mèches rondes. Les deux systèmes sont également bons, pourvu que l'appel d'air soit convenablement calculé.

**64. Becs à mèche ronde.** — Les becs à mèche ronde, appelés aussi becs allemands, emploient une mèche plate très large, qui, en pénétrant dans un porte-mèche conique, prend peu à peu la forme circulaire. Un évidement triangulaire a été pratiqué sur l'enveloppe conique et permet à l'air de passer dans le centre de la flamme. Celle-ci est entourée par une cheminée de verre à étranglement et dans certains modèles un disque rejette le courant d'air intérieur sur la flamme. Parmi les diverses cheminées qui ont été proposées pour ce modèle de lampe, il convient de citer plus particulièrement le verre Bayle, qui a la forme de deux troncs de cône assemblés par leurs petites bases. Le tronc de cône inférieur est très court et se termine un peu au-dessus du bec, le second au contraire est très allongé. Il résulte de cette construction que, si l'appel est énergique

(1) Cet effet se remarque encore lorsque, la mèche n'étant pas assez levée, le pétrole brûle au-dessous du blanc.

sur la flamme, les gaz produits par la combustion s'évacuent très facilement, grâce à la section croissante de la cheminée.

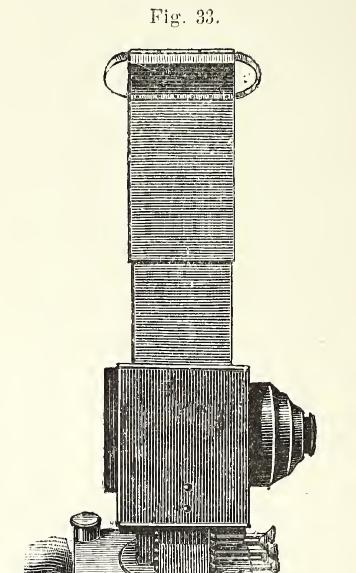
Ces becs ont un inconvénient, c'est qu'il est assez difficile d'arriver à faire bien coïncider les deux coins de la mèche dont le rapprochement doit former un cercle exact. Par suite de frottements ou de mauvais calage des roues d'engrenage, un des coins tend toujours à monter plus que l'autre, ce qui fait filer la flamme.

Nous avons signalé ce genre de bec, très répandu depuis 1870, date de son apparition, mais on compte actuellement plusieurs autres modèles, parmi lesquels nous citerons celui de Peignet-Changeur (1883). Cet inventeur avait remarqué que, dans le modèle précédent, l'ascension de l'huile étant produite par la capillarité seule, diminuait forcément au fur et à mesure de la baisse de niveau dans le réservoir, ce qui amenait par suite une déperdition de lumière et la production de vapeurs désagréables; il a eu l'ingénieuse idée d'alimenter un godet spécial, où venait tremper la mèche, par un mécanisme assez semblable à celui qu'employait Carcel, et il maintient automatiquement l'huile à un niveau fixe dans ce godet.

**65. Becs à mèche plate.** — Les conditions d'établissement des becs à mèche plate sont différentes : au-dessus du bec et à une certaine hauteur, on dispose une sorte de capuchon en métal qui renvoie le courant d'air sur la flamme et la fait brûler au blanc. Généralement la lampe comporte plusieurs mèches. On en construit depuis trois jusqu'à cinq mèches, disposées suivant l'axe de la lanterne. Si elles sont placées parallèlement à cet axe, il peut en résulter des stries noires verticales sur le disque provenant de l'espace

obscur entre les mèches; on l'évite en disposant celles-ci en forme de W. En général, ces becs brûlent dans une chambre en tôle munie à l'avant d'une plaque de verre

Fig. 33.



Bec à mèche plate.

incassable et à l'arrière d'un réflecteur en plaqué. Celui-ci porte en son centre un regard fermé par un disque de verre coloré, permettant de surveiller la flamme, sans fatigue pour les yeux. La chambre de combustion est surmontée d'une cheminée en tôle de grande longueur, faite en deux pièces coulissant l'une dans l'autre pour faciliter l'embal-

lage. Le dessus de la cheminée est agencé avec chicanes pour empêcher la diffusion de la lumière émanée de la cheminée.

Dans un modèle récent (*fig.* 33) nous avons remarqué une cheminée de tôle comprenant deux parties coulissant l'une dans l'autre et manœuvrées par un pignon et une crémaillère, de manière à régler facilement le tirage, en cas de besoin, par l'allongement ou le raccourcissement de la cheminée.

**66. Insufflation d'oxygène.** — D'après ce que nous venons de voir, le problème à résoudre consiste essentiellement à fournir au bec une grande quantité d'air, de manière à brûler complètement tout le carbone contenu dans le pétrole; sinon ce carbone non brûlé est entraîné par les gaz chauds dans l'atmosphère et produit une fumée noirâtre, grasse au toucher, qui salit irrémédiablement les objets sur lesquels elle se fixe. L'air ne contenant qu'à peine 21 pour 100 d'oxygène, il passe dans la flamme beaucoup d'azote qui s'échauffe aux dépens de la température de la flamme; or celle-ci est d'autant plus blanche que la chaleur développée est plus forte. Il en résulte qu'on augmente considérablement le pouvoir lumineux du pétrole en insufflant dans la flamme un peu d'oxygène; ce gaz doit être employé en faible proportion. Il a cependant l'inconvénient d'augmenter beaucoup la chaleur dégagée par la lampe.

**67. Les avantages du pétrole.** — Le pétrole donne une flamme très blanche, d'un pouvoir éclairant supérieur à celui des huiles végétales; il est en même temps beaucoup plus économique [1]. Chandler a calculé qu'une lampe

---

[1] Ceci est surtout vrai dans les pays étrangers, notamment en Russie,

à mèche plate de $0^{m},009$ a un pouvoir éclairant de 9 bougies de blanc de baleine brûlant $7^{gr},8$ par heure; une lampe à mèche circulaire de même diamètre donnait 12 bougies; il en concluait qu'un litre de pétrole rectifié équivaut, en moyenne, à $2^{kg},150$ de bougies de blanc de baleine, ce qui donne au Carcel (8 bougies) une dépense par heure de $0^{fr},088$ avec le blanc de baleine et $0^{fr},014$ avec le pétrole rectifié.

**68. Inconvénients du pétrole.** — Le pétrole présente plusieurs inconvénients qu'il est utile de signaler; il donne en brûlant une température très élevée et échauffe très vite, par rayonnement, la lampe et le corps de la lanterne. Comme il ne tarde pas à porter à haute température la face arrière du condensateur, celui-ci serait exposé à se briser si les constructeurs n'avaient soin de ménager un afflux d'air considérable autour de celui-ci. Nous avons signalé déjà la précaution prise par A. Laverne d'isoler le support du condensateur, de manière à prévenir son échauffement. D'autre part, si la lampe n'est pas surveillée d'une façon constante, les conditions du tirage se modifient, tant par suite de l'échauffement de l'air de la salle où les projections se font, que par suite de sa diminution en oxygène, diminution produite par la combustion et la respiration des auditeurs. Il y a donc lieu d'assurer dans la salle une ventilation énergique, sinon la lampe ne tarde pas à fumer et à répandre des odeurs âcres très désagréables.

**69. Les soins à donner aux lampes à pétrole.** — La

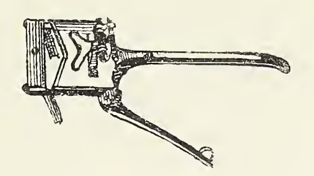
---

car en France le pétrole est grevé de droits beaucoup plus élevés même que le prix d'achat réel.

lampe à pétrole exige des soins tout particuliers. Elle ne doit être jamais remplie qu'au moment de s'en servir et, aussitôt les projections finies et la lampe refroidie, elle doit être soigneusement vidée, sinon l'huile, continuant à monter par capillarité, suinterait sur la lampe; au contact de l'air elle se résinifierait et formerait avec les poussières de l'atmosphère une sorte de vernis qui, distillé en quelque sorte au cours de la séance suivante, remplirait la salle d'une odeur repoussante.

Après avoir été remplie d'huile fraîche, la lampe est essuyée avec le plus grand soin, les mèches sont coupées nettement d'un coup de ciseau. On emploiera de préférence pour les mèches plates le coupe-mèche représenté ci-contre

Fig. 34.



Coupe-mèches.

qui agit un peu à la manière des tondeuses et a l'avantage de donner une section très franche. Il ne faut pas oublier que tout fil excédant la mèche produirait une flamme plus haute et sujette à fumer. Les deux angles des mèches plates seront abattus pour les mêmes raisons. La mèche doit être coupée de manière à enlever toute la partie carbonisée, en laissant cependant un léger liseré noir pour faciliter l'allumage.

La lampe sera d'abord allumée la mèche à demi baissée, et tenue quelques instants au grand air; cette précaution

aura pour but de permettre à l'huile qu'on n'aurait pu essuyer de s'évaporer et à la lampe de s'échauffer peu à peu. Lorsque le tirage sera bien établi et que la lampe n'aura plus d'odeur, on l'introduira dans la lanterne. Dans aucun cas, on ne doit, au cours de la séance, mettre la lampe à petite flamme, car la combustion se fait alors très mal et une partie de l'huile est évaporée sans brûler et donne alors une insupportable odeur.

---

# CHAPITRE VIII.

## LA LUMIÈRE OXYHYDRIQUE.

Principes de la production de la lumière oxyhydrique. — Divers modes de production de cette lumière. — Oxygène. — Propriétés et préparations de laboratoire. — Préparation pratique. — Examen des produits. — Les réactions effectuées. — Proportion d'oxygène dégagé. — Conduite pratique de l'opération. — Sacs et compresseurs. — Inconvénients des sacs. — Production industrielle de l'oxygène. — L'oxygène comprimé système Brin. — Récipients à oxygène comprimé. — Manomètre. — Régulateur. — Montage du réservoir à oxygène. — Innocuité des réservoirs à haute pression.

**70. Principes de la production de la lumière oxyhydrique.** — Le mode d'éclairage, qui donne les plus beaux résultats et le plus communément employé, est la lumière oxyhydrique. Le procédé consiste essentiellement à augmenter le pouvoir calorifique d'une flamme gazeuse à l'aide de l'oxygène et à projeter cette flamme sur un corps réfractaire qu'elle ne tarde pas à amener au blanc éblouissant.

Les températures développées dans cette opération sont considérables; la matière, en s'échauffant, prend une série de colorations caractéristiques. Pouillet, à l'aide du pyromètre à platine, a cherché à évaluer les températures atteintes aux divers points; il a trouvé les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| Rouge sombre | 700° |
| Rouge cerise | 900 |
| Orangé clair | 1200 |
| Blanc nuancé | 1300 |
| Blanc éblouissant | 1500 |

Les températures obtenues et par suite le pouvoir lumineux dépendent beaucoup de la température de combustion initiale du gaz employé.

Au début, Drummond, l'inventeur du procédé [1], mélangeait en proportions convenables de l'oxygène et de l'hydrogène, dont le jet enflammé était projeté sur de la chaux. Ce moyen était des plus dangereux, le mélange des deux gaz constituant un explosif très violent. Aujourd'hui, les gaz, convenablement dirigés à l'aide d'un appareil appelé chalumeau, ne se mélangent qu'au point même où doit se faire la combustion.

**71. Divers modes de production de la lumière oxyhydrique.** — La lumière oxyhydrique est donc produite par un gaz comburant, l'oxygène, et un gaz combustible. Divers procédés ont été préconisés pour la production du gaz combustible et ont donné lieu aux variétés suivantes, que nous énumérons par ordre décroissant d'intensité lumineuse.

| Gaz combustible. | Gaz comburant. | Nom donné à cette lumière. |
|---|---|---|
| Hydrogène | Oxygène. | Lumière Drummond. |
| Oxygène saturé de vapeurs d'éther | id. | Lum. oxyéthérique. |
| Gaz d'éclairage | id. | Lum. oxyhydrique. |
| Oxygène saturé de vapeurs d'essences carburées | id. | |
| Air chargé de vapeurs d'éther | id. | |
| Air carburé | id. | |
| Flamme d'esprit-de-vin | id. | Lum. oxycalcique. |

Nous allons successivement étudier : 1° l'oxygène; 2° les

(1) Drummond (Thomas), officier de marine, né à Édimbourg en 1797, mort en 1840. Fut chargé de la triangulation de la Grande-Bretagne, et, pour faciliter son travail, en 1824, inventa la lumière oxyhydrique, qui lui fournissait des signaux lumineux visibles à plus de 100 kilomètres.

gaz combustibles; 3° les corps réfractaires à échauffer. Puis nous décrirons les divers appareils employés pour produire la lumière; le réglage sera étudié dans le second Volume.

## L'OXYGÈNE.

**72. Propriétés et préparations de laboratoire.** — L'oxygène est un gaz incolore, inodore, insipide; plus lourd que l'air ($D = 1{,}1056$). Un litre de ce gaz à 0° pèse 1gr,43; il est peu soluble dans l'eau et ne se liquéfie que sous de très hautes pressions et à des températures très basses [1]. Au point de vue chimique, l'oxygène est un comburant énergique, c'est-à-dire qu'il entretient la combustion avec une grande activité. C'est un des corps les plus répandus dans la nature; il entre pour $\frac{1}{5}$ environ dans la composition de l'air et pour $\frac{1}{3}$ dans la composition de l'eau. On le prépare dans les laboratoires de diverses manières, dont nous citerons les principales.

1° *Par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique.* (Scheele). — On chauffe dans un ballon (*fig.* 35) du bioxyde de manganèse avec de l'acide sulfurique concentré, le gaz est lavé en passant dans une dissolution de potasse.

2° *Par le chlorate de potasse.* — On décompose ce sel par la chaleur; on aide la réaction en mélangeant le chlorate avec du sable, ou mieux avec du bioxyde de manganèse. C'est le procédé le plus simple et nous verrons tout

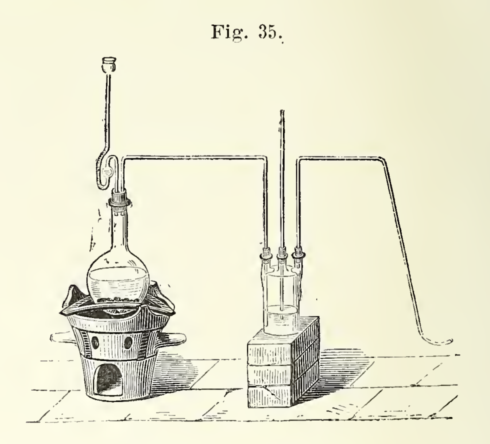
---

[1] C'est en 1877 seulement que Cailletet et Raoul Pictet sont arrivés à le liquéfier en employant des pressions de près de 800 atmosphères et un froid de — 160°.

à l'heure qu'il peut être facilement mis en pratique pour les projections.

3° *Par le chlorure de chaux.* — On chauffe au rouge sombre du chlorure de chaux mélangé avec un peu de

Fig. 35.



Préparation de l'oxygène.

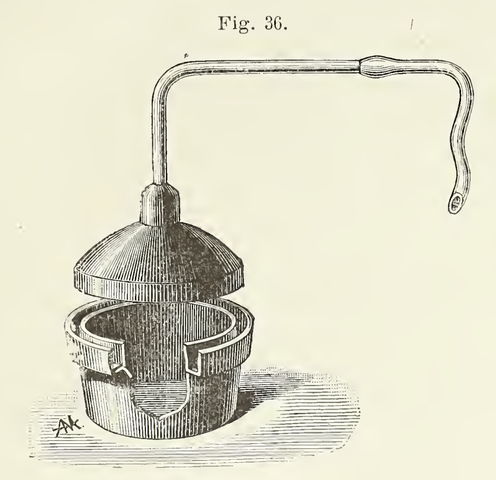
chaux éteinte, ou une solution saturée de chlorure de chaux avec un peu de peroxyde de cobalt.

4° *Par l'acide sulfurique* (H. Deville). — On fait tomber goutte à goutte de l'acide sulfurique dans une cornue remplie de fragments de briques et fortement chauffée. L'acide se dédouble en oxygène et acide sulfureux; ce dernier est dissous dans l'eau et l'oxygène se dégage à l'état pur.

De nombreuses réactions ont été indiquées dans ce genre et nous verrons plus loin que plusieurs procédés industriels ont été basés sur son extraction de l'air.

**73. Préparation pratique de l'oxygène.** — La préparation pratique de l'oxygène se fait par la décomposition du chlorate de potasse à l'aide de la chaleur. On emploie dans ce but une cornue spéciale en fonte, qui se compose d'une marmite ronde dont le rebord est muni d'une gouttière pro-

Fig. 36.



Cornue à oxygène.

fonde dans laquelle s'engage un chapiteau prolongé par un long tube de cuivre. Le chlorate de potasse est mélangé avec moitié ou un quart de son poids de bioxyde de manganèse et introduit dans la marmite. Puis on coule dans la gouttière un peu de plâtre gâché demi-dur et l'on recouvre avec le chapiteau dont on a eu soin, auparavant, de mouiller les bords pour assurer l'adhérence du plâtre; on laisse prendre, ce qui demande une demi-heure au plus, et l'appareil se trouve ainsi parfaitement étanche.

On dispose la marmite sur un réchaud à gaz; c'est le

meilleur mode de chauffage, car il permet de ralentir ou d'accélérer la fusion à volonté.

Le tube de cuivre est joint par un tuyau de caoutchouc au laveur. Celui-ci se compose d'un flacon à trois tubulures, semblable à celui qui est figuré plus haut (*fig.* 35). On trouve dans le commerce des laveurs métalliques, nous préférons l'emploi d'un flacon de verre qui permet de suivre plus facilement l'opération. Le tuyau venant de la marmite communique avec un tube descendant jusqu'au fond du laveur. Celui-ci est à demi rempli d'eau contenant un peu de potasse ou de soude caustiques en solution; à défaut, on peut y mettre un fragment de crayon de chaux vive; en tous cas, il est utile que cette solution soit alcaline pour absorber le chlore ou l'acide carbonique qui pourraient être produits dans l'opération, comme nous verrons plus loin (1).

Le flacon doit contenir au moins un litre de solution : il doit donc avoir une capacité d'au moins deux litres.

La tubulure centrale est munie d'un tube qui descend à trois ou quatre millimètres plus bas que le niveau du liquide; ce tube, dit tube de sûreté, a pour but d'empêcher le liquide d'être refoulé dans la cornue. En effet, si la pression diminue dans cette dernière, l'eau sera aspirée, mais le niveau baissant aussitôt, le gaz pourra s'échapper du flacon par le tube de sûreté et l'équilibre se rétablira; inversement, une partie de l'eau sera projetée par le tube de sûreté et le gaz pourra se dégager par ce tube, évitant l'explosion de la chaudière.

Pour mieux suivre l'état de la pression dans l'appareil,

---

(1) Le carbonate de soude ou de potasse, le sel connu vulgairement sous le nom de cristaux, ne conviendrait pas; en absorbant le chlore il dégagerait de l'acide carbonique.

nous employons un tube deux fois coudé en S, dans le genre de celui qui est placé sur le ballon dans la *fig.* 35. Dans la boucle la plus basse de l'S nous mettons quelques gouttes de liquide coloré, et suivant que celui-ci est repoussé vers l'extérieur ou vers l'intérieur du flacon, nous jugeons avec facilité si la pression baisse ou augmente.

La dernière tubulure est munie d'un tube de verre coudé de gros diamètre et ne descendant pas plus bas que le col même de la tubulure; il est destiné à l'évacuation du gaz et est relié au sac par un tuyau de caoutchouc.

Le flacon laveur est muni une fois pour toutes de ses trois tubes qu'on assujettit en place à l'aide de bouchons percés suivant leur axe. Pour éviter les fuites par les bouchons, on lute avec un mastic composé de :

| | | |
|---|---|---|
| Résine.......... ........................ | 4 | parties. |
| Cire.......................................... | 1 | » |
| Colcotar ............... .................... | 1 | » |

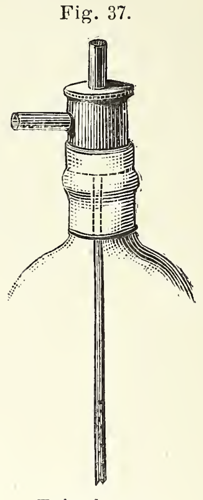
On l'étend à chaud. Le laveur se vide par le tube coudé de la troisième tubulure et se remplit par le tube de sûreté.

Nous croyons devoir signaler un appareil très simple employé en Angleterre et que nous a montré M. Molteni. Il se compose d'un tube droit en métal (*fig.* 37), percé à la partie inférieure d'une quantité de petits trous; ce tube se joint à la cornue par un tuyau de caoutchouc; il porte une sorte de chapeau en métal avec tubulure latérale; ce chapeau sert à coiffer une bouteille de verre quelconque et la fermeture est assurée par le large anneau de caoutchouc. La bouteille est à demi remplie d'eau alcaline. On conçoit que ce dispositif constitue le laveur le plus simple possible.

Avant de décrire la conduite de l'opération, il est utile d'étudier les composants qui vont être employés et les

réactions qui se produisent. On comprendra mieux ainsi les

Fig. 37.



Tube laveur.

raisons des diverses recommandations que nous aurons à faire.

**74. Examen des produits.** — Il est nécessaire que les produits employés soient, sinon chimiquement purs, au moins aussi purs que possible; autrement, il peut en résulter de graves accidents.

I. *Chlorate de potasse.* — Le chlorate de potasse du commerce est fréquemment souillé par du chlorure de potassium; s'il n'en contient que de petites quantités, cela est sans importance; mais si, au contraire, la proportion est forte, cela peut avoir des inconvénients; d'abord il se produira, pendant l'opération, du chlore qui attaquera la cornue

et, pénétrant dans le sac, pourra amener la désagrégation du tissu caoutchouté et, par suite, sa perte. D'autre part, la quantité d'oxygène sur laquelle on était en droit de compter sera de beaucoup diminuée.

On essaye le chlorate de deux façons :

1° En mettant quelques cristaux à fondre dans un peu d'eau et en versant dans la solution quelques gouttes de bain d'azotate d'argent à 5 pour 100. La présence du chlorure sera décelée par un abondant précipité blanc.

2° On fait chauffer dans un petit tube d'essai quelques cristaux de chlorate : lorsqu'ils sont fondus, l'oxygène se dégage; mais, si l'échantillon contient du chlorure ou de l'hypochlorite, le tube se remplit d'un gaz verdâtre, le chlore, facilement reconnaissable à son odeur piquante et désagréable. Un échantillon de chlorate contenant trop de chlorure doit être rejeté.

II. *Bioxyde de manganèse.* — Le bioxyde de manganèse est une poudre noire, brillante, souvent falsifiée par du noir de fumée ou du charbon concassé. Il est très important que le bioxyde soit pur, car le chlorate forme avec les matières combustibles des explosifs très violents et il y a lieu pour cette raison de s'assurer non seulement que le bioxyde en est bien privé, mais encore de vérifier si le chlorate ne contient pas des débris de paille, de bois, de papier, etc.

On essaye le bioxyde en en mélangeant une petite quantité avec un peu de chlorate de potasse et en chauffant le tout dans un tube d'essai : si le bioxyde est pur, l'oxygène se dégagera facilement et l'on n'observera que quelques petites étincelles brillantes se produisant au sein de la masse : si le bioxyde est impur, il se fera une violente explosion qui brisera le tube. Pour cette raison, il convient

de faire l'essai sur une très petite quantité et de tenir le tube au-dessus de la flamme à l'aide d'une pince à potence et s'éloigner de quelques pas.

Un manganèse impur se purifiera aisément en le portant au rouge dans un creuset, on le lave ensuite à l'eau pour enlever les potasses formées dans la combustion des matières organiques et on le sèche. Une seconde épreuve montrera si la calcination a été poussée assez loin.

Les deux produits sont mélangés en les étendant simplement sur une feuille de papier ou mieux sur une assiette de porcelaine et les mélangeant avec un couteau de bois jusqu'à ce que toute la masse ait pris une teinte grisâtre uniforme.

**75. Les réactions produites.** — Les deux composants du mélange connus, il s'agit de préciser les réactions qui se passeront dans la cornue.

Le premier effet de la chaleur est de dégager l'eau contenue dans les cristaux de chlorate; cette eau se vaporise et va se condenser dans le tube, plus froid. En continuant l'action d'une chaleur modérée, le chlorate fond peu à peu, dégage une partie de son oxygène et passe : une partie à l'état de perchlorate, l'autre de chlorure de potassium, ce qui est représenté par la formule suivante :

$$2ClO^3K = KCl + ClO^4K + 2O.$$

Cette réaction se produit vers 400°; à ce moment, la production de l'oxygène cesse; il faut alors pousser la chaleur, et le perchlorate se décomposant à son tour cède tout son oxygène et passe à l'état de chlorure de potassium :

$$KClO^4 = KCl + 4O.$$

Si, au lieu de faire graduellement monter la chaleur, on avait de suite poussé le feu, la transformation se serait faite avec brusquerie, le tube de dégagement eût été insuffisant pour l'écoulement du gaz et la cornue aurait éclaté.

Il est à noter que le dommage serait très faible, étant donné le mode de liaison du chapiteau et de la marmite, qui, cédant très rapidement, aurait évité le bris de la cornue : c'est pour cette raison qu'a été conseillé l'emploi du scellement au plâtre.

Remarquons que, dans les formules ci-dessus, il n'a pas été tenu compte du bioxyde de manganèse, c'est que ce corps ne concourt pas *chimiquement* à l'opération. Autrefois le phénomène restait inexpliqué et l'on se contentait de dire que c'était par *action de présence,* par *force catalytique,* que le manganèse agissait. Aujourd'hui il est reconnu que le manganèse a une action physique; il sert à diviser la masse et, grâce à sa couleur noire, il répartit mieux la chaleur et assure par suite la régularité du dégagement d'oxygène. Quelques auteurs cependant croient qu'il passe par une série de suroxydations et de désoxydations successives. Quoi qu'il en soit, l'opération terminée, il se retrouve sans altération et il est à noter que du sable fin, de la brique pilée, etc., remplacent parfaitement le bioxyde de manganèse.

Nous ajouterons qu'on a indiqué, pour régulariser la production du gaz, le mélange suivant :

| | |
|---|---|
| Chlorate de potasse | 16 parties. |
| Manganèse | 4 » |
| Sel marin | 3 » |

Le sel agirait pour empêcher la formation du perchlorate.

**76. Proportion d'oxygène dégagée.** — Un simple calcul d'équivalence nous montre que 1kg de chlorate de potasse

donne théoriquement $391^{gr},83$ d'oxygène, soit 274 litres.

Reprenons les formules ci-dessus condensées, et remplaçons les divers éléments par les poids atomiques, nous aurons :

$$\underbrace{\underset{2(39+35,5+3\times 16)}{2KClO^3}}_{245,0} \quad = \quad \underbrace{\underset{2(39+35,5)+6\times 16.}{2KCl \quad + 6O}}_{245,0}$$

Ainsi $245^{gr}$ de chlorate de potasse fournissent $96^{gr}$ d'oxygène; une simple règle de trois nous montrera que $1^{kg}$ fournit

$$\frac{96\times 1000}{245} = 391^{gr},83.$$

Le litre d'oxygène pesant $1^{gr},43$, cela donne 274 litres à $0^o$ et 760. Mais, par suite des pertes de toute nature, il faut compter à peine sur une moyenne de 250 litres.

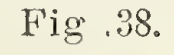
**77. Conduite pratique de l'opération.** — Nous dirons en quelques mots les soins pratiques à apporter dans cette manipulation.

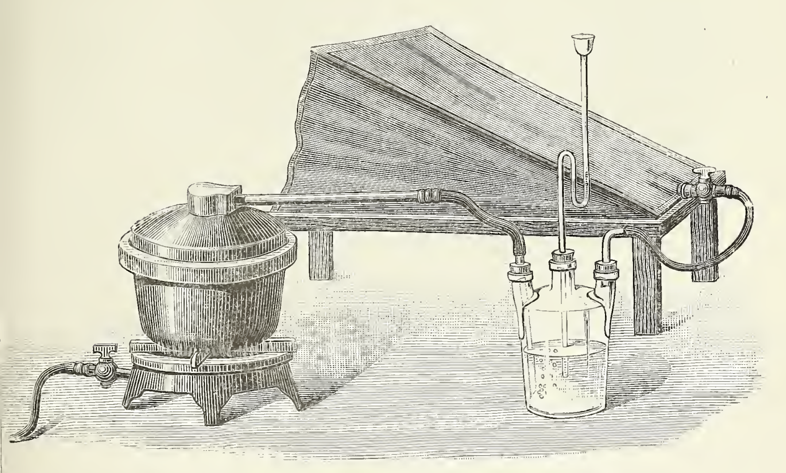
La cornue, ayant été chargée comme il a été dit et scellée, est mise sur un réchaud à gaz (*fig.* 38) et placée de telle sorte que le tube de cuivre soit légèrement incliné, de manière que l'eau de cristallisation qui se condensera dans le tube coule facilement jusqu'au laveur et n'obstrue pas le tube. Pour la même raison, le laveur sera placé en contre-bas, et le tube de caoutchouc ne devra pas former de coude.

Le sac à gaz est maintenu plus haut que le laveur, il est au besoin légèrement chauffé pour l'assouplir et roulé sur lui-même pour faire sortir exactement tout l'air, on ferme le robinet, puis on l'étend bien à plat.

Le tube de sortie du laveur n'est pas encore joint au sac, pour laisser écouler tout l'air de l'appareil, qui sera chassé par la chaleur et la production du gaz.

Ceci préparé, on chauffe légèrement en élevant peu à peu la température, mais sans ouvrir le robinet du fourneau à





Disposition générale de l'appareil.

gaz plus qu'au tiers. On voit bientôt apparaître quelques bulles, qui traversent l'eau du laveur et deviennent de plus en plus nombreuses. On laisse s'écouler l'air et l'on tient près du tube de sortie un petit charbon allumé : tant qu'il ne passe que de l'air, le charbon reste rouge. Aussitôt que l'oxygène paraît en quantité, le charbon s'enflamme et passe au blanc; on rejoint aussitôt le tube au robinet du sac, qu'on se hâte d'ouvrir. Au bout d'un certain temps, la production du gaz (reconnaissable au bruit qu'il fait en barbo-

tant dans le laveur et au passage des bulles) se ralentit : le perchlorate est formé. On ouvre un peu plus le robinet du fourneau à gaz et l'on surveille l'afflux de l'oxygène en ayant soin de ne pousser que lentement la chaleur, sinon les tubes ne suffisant pas à l'écoulement, il pourrait y avoir explosion ou tout au moins arrachement du tube en caoutchouc et perte de gaz; la manœuvre du robinet du fourneau à gaz doit suffire à régulariser la production de l'oxygène.

Pendant que le gaz, dans la seconde partie de l'opération, se dégage avec vitesse, il est bon de soulager le sac en le tenant soulevé par ses deux coins supérieurs, le gaz s'écoule alors plus facilement.

Enfin tout le chlorate est décomposé, et on le reconnaît parce qu'il ne passe plus que quelques bulles espacées. On ôte le tube de caoutchouc de la marmite et l'on éteint le feu. Ne pas oublier que le tube doit être enlevé en premier lieu, sinon la cornue se refroidissant, il y aurait appel du côté du flacon laveur, l'eau arriverait dans la marmite où elle se vaporiserait instantanément, causant une explosion dangereuse. Il est vrai que le scellement au plâtre, désagrégé par la chaleur, céderait vite, et cet accident nous étant arrivé par suite d'une fausse manœuvre de notre aide, s'est réduit à la projection du couvercle de la cornue à côté du fourneau. Mais l'accident eût pu avoir de plus graves conséquences, et nous croyons bon de mettre l'opérateur en garde contre lui.

Le robinet du sac est refermé et le laveur vidé.

Dès que la marmite est à peu près refroidie, on enlève le chapiteau en le tournant un peu pour le dégager; on a soin, dans cette opération, de ne pas faire tomber du plâtre dans l'intérieur; au besoin, si l'accident arrive, on enlève les morceaux avec une carte pliée : puis, avec une cuiller en

fer, on retire le résidu qui se présente sous la forme d'une masse cristalline spongieuse, violacée. On met ce résidu dans de l'eau bouillante, puis, après l'avoir remué pour qu'il se dissolve, on jette le liquide sur un entonnoir garni d'un filtre. Le chlorure de potassium se dissout et filtre en un liquide légèrement teinté de jaune (oxyde de fer); le manganèse reste sur le filtre, on le lave en faisant passer sur le filtre deux ou trois litres d'eau bouillante, on reconnaît que le lavage est terminé quand les dernières gouttes de filtrage n'ont aucune saveur salée. Le manganèse est bien égoutté, puis le filtre est sorti de l'entonnoir, étalé sur une assiette et séché au four. Le manganèse est ensuite recueilli à l'état de poudre sèche et pourra servir pour une série d'autres opérations. Le chlorure de potassium sans valeur est jeté.

La marmite ainsi que les tubes de caoutchouc doivent être soigneusement lavés, sinon le chlorure de potassium amènerait rapidement leur destruction.

Nous nous sommes un peu étendu sur cette préparation parce qu'elle demande quelques soins, bien qu'elle ne présente réellement aucune difficulté [1].

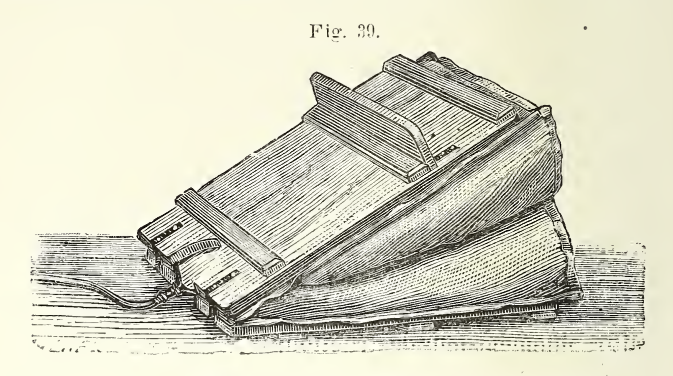
**78. Sacs à oxygène.** — Les sacs destinés à contenir l'oxygène sont en caoutchouc ou, mieux, en toile caoutchoutée : celle-ci consiste en une lame de caoutchouc mince laminée et collée entre deux couches d'un tissu croisé, résistant. Les sacs se font, en général, de deux grandeurs : l'une contenant de 100 à 125 litres, l'autre de 225 à 250 litres.

---

[1] Il nous paraît inutile de mentionner les procédés décrits par Hepworth, consistant à préparer le gaz oxygène au fur et à mesure de son emploi, pendant la séance ; ces procédés ne sont nullement pratiques et offrent même un certain danger.

Ils sont de forme carrée (*fig.* 39) et disposés comme un soufflet, ce qui leur donne, une fois remplis, l'apparence d'un prisme triangulaire. Au milieu d'une des arêtes est fixé un robinet. Le meilleur modèle, dit de sûreté, est muni d'une clé à charnière portant une ouverture carrée, dans laquelle peut pénétrer un tenon fixé à l'extrémité du robinet. L'assemblage du tenon et de la clé ne peut se faire que lorsque le robinet est exactement fermé et, d'autre part, la tête du tenon dépassant la clé, porte un trou dans lequel on peut engager un cadenas, ce qui assure l'exacte fermeture du sac.

Fig. 39.



Sac dans son compresseur.

**79. Compresseurs.** — Lorsqu'on doit employer l'oxygène, il y a lieu d'exercer sur le sac une certaine pression, tant pour chasser le gaz que pour le lancer avec force dans la flamme du chalumeau; on se sert dans ce but d'un *compresseur*, qui se compose essentiellement de deux plateaux en bois, reliés par des charnières et portant une encoche pour laisser passer le robinet. Le plateau supérieur est muni

d'un rebord, servant à retenir les poids destinés à comprimer le sac (*fig.* 39).

Les poids, dont on charge les sacs, dépendent du débit du chalumeau, de la longueur des tubes de caoutchouc, etc.; en général, ils varient entre $60^{kg}$ et $80^{kg}$.

Les compresseurs à plateaux en bois ont l'inconvénient d'être lourds et peu portatifs, nous signalerons que plusieurs constructeurs, notamment en Angleterre, les composent de cadres démontables en bois, dans l'intérieur desquels sont tendues de fortes sangles : un tel dispositif est beaucoup plus pratique.

**80. Inconvénients des sacs.** — Les sacs en caoutchouc ne peuvent garder longtemps l'oxygène; au bout de quelques jours, même avec les sacs qui paraissent les plus étanches, il y a échange de l'oxygène avec une partie de l'air et le seul moyen réellement pratique consiste à garder le gaz en vase métallique sous pression, comme nous allons l'expliquer tout à l'heure.

D'autre part, il est utile de conserver les sacs à une température constante; le froid, en modifiant la texture du caoutchouc, le rend cassant : il ne faut pas chercher à défaire brusquement les plis d'un sac de caoutchouc durci par le froid; on fixe au robinet un bout de tube de caoutchouc muni d'un entonnoir et l'on fait peu à peu pénétrer dans le sac quelques litres d'eau à 30° ou 40°; on échauffe ainsi peu à peu le sac et on le gonfle doucement à l'aide d'un soufflet, en ayant soin d'égaliser autant que possible l'action de la chaleur. On parvient de cette manière à lui rendre peu à peu sa souplesse.

Lorsque les sacs ont été soumis à de fortes chaleurs, la colle au caoutchouc, qui servait à fixer la toile, se ramollit

et peut, en exsudant, réunir les divers plis entre eux : il est très difficile de remettre un tel sac en bon état, on essayera toutefois de décoller les plis en employant de l'eau chaude, ou au besoin de la benzine; si l'on parvient à le déplier complètement, il sera bon de l'essayer avant de l'employer. Dans ce but, une fois bien sec, on le remplira d'air avec un soufflet et on le mettra dans un compresseur chargé de poids, en notant à l'aide d'un repère le point où s'arrête le bord supérieur du compresseur. Au bout d'une heure ou deux, on vérifiera si le bord n'est pas descendu, ce qui prouverait que le sac ne fuit pas.

**81. Production industrielle de l'oxygène.** — La fabrication de l'oxygène demande, comme on l'a vu, quelques soins, qui rebutent parfois l'amateur; aussi est-il à noter qu'on a cherché à plusieurs reprises à produire industriellement ce gaz. Sans entrer dans le détail des diverses tentatives dans ce sens, nous citerons les principales.

L'attention des chercheurs s'est plus particulièrement portée sur l'extraction de l'oxygène contenu dans l'air : on sait que celui-ci est en effet un mélange [1] de 79 parties d'azote et de 21 d'oxygène. Parmi les divers moyens proposés, il convient de citer le procédé Tessié du Motay : il consiste à chauffer au rouge dans une cornue un mélange de peroxyde de manganèse et de manganate de soude. Pendant l'opération, on fait circuler dans la cornue un courant d'air sous pression et le mélange ne tarde pas à passer à l'état de permanganate; ce résultat obtenu, on envoie un courant de vapeur d'eau, qui désoxyde le sel manganique;

---

[1] Notons bien qu'il s'agit d'un mélange dans lequel les molécules ne sont que juxtaposées, et non d'une combinaison.

la vapeur chargée d'oxygène se rend dans un serpentin convenablement refroidi où elle se condense, et l'oxygène est recueilli dans un gazomètre. L'opération peut continuer indéfiniment par une succession alternée de courants d'air et de vapeur d'eau. Ce système a été essayé en grand, en 1868, pour l'éclairage oxyhydrique de la place de l'Hôtel-de-Ville; il a été abandonné pour des raisons d'ordres divers.

Boussingault avait déjà indiqué que la baryte absorbe l'oxygène de l'air lorsqu'elle est chauffée et qu'elle restitue cet oxygène lorsque la température est poussée plus loin. Cette donnée a conduit M. Brin à un procédé industriel; une compagnie a été fondée pour l'exploiter, et il existe à Paris une usine où le gaz est produit d'une façon courante.

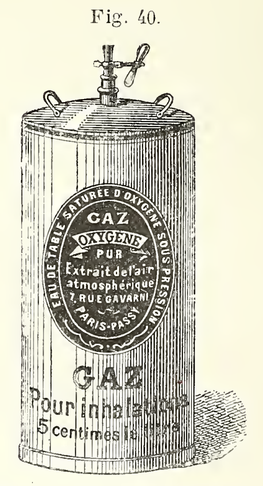
**82. L'oxygène comprimé, système Brin.** — Nous résumerons ici, en quelques mots, comment le procédé est appliqué ; nous avons recueilli ces détails dans une visite faite à l'usine même. Dans un fourneau de maçonnerie sont enclavées deux séries de cornues en fonte ou batteries, chauffées à l'aide de l'oxyde de carbone fourni par une haute colonne à coke. Les cornues sont chargées de baryte caustique; dès que la première batterie a atteint une température voisine de 500°, on la fait traverser par un courant d'air sec, privé de son acide carbonique par un barbotage dans l'eau de chaux. La baryte se suroxyde et au tube de sortie on recueille de l'azote pur ; lorsque la baryte n'absorbe plus d'oxygène, on dirige l'air sur la seconde batterie et l'on pousse le feu dans la première, de manière à lui faire atteindre la température de 800°. A ce point, la baryte abandonne tout le gaz absorbé, qu'on extrait à l'aide d'une pompe et qu'on recueille dans un gazomètre. La simple

manœuvre d'un robinet, l'élévation et l'abaissement alternatifs de la température dans les batteries, suffisent pour produire l'oxygène d'une façon continue.

L'emmagasinage du gaz se fait dans des récipients en acier où le gaz est comprimé à haute pression par une pompe spéciale, comprenant une série de corps de pompe communiquant de l'un à l'autre et comprimant graduellement le gaz.

**83. Récipients à oxygène comprimé.** — L'oxygène est comprimé dans deux sortes de récipients, les uns en tôle

Fig. 40.




Seau à oxygène comprimé.

d'acier, dits à basse pression, les autres en acier plus résistant et, par conséquent, pouvant contenir le gaz à haute pression.

Les premiers (*fig.* 40) ont la forme d'un seau cylindrique

à anses. La faible épaisseur de leurs parois ne leur permet pas de supporter de hautes pressions; ils ne peuvent, par suite, malgré leur volume relativement grand, contenir une forte provision d'oxygène. Deux modèles sont employés : le tableau ci-dessous donne sur eux les renseignements principaux.

| | Petit modèle. | Grand modèle. |
|---|---|---|
| Contenance... | 200 litres. | 500 litres. |
| Pression....... | 8 atmosphères. | 9 atmosphères. |
| Dimensions... | $0^m,53 \times 0^m,25$. | $0^m,85 \times 0^m,30$. |
| Poids.......... | 8 kilogrammes. | $18^{kg},500$. |

Les récipients à haute pression sont constitués par un tube d'acier doux d'une seule pièce, formant une sorte de réservoir tubulaire dans lequel le gaz peut être comprimé à haute pression. Le tube est terminé par une calotte sphérique et, à l'autre extrémité, par un ajutage sur lequel se visse latéralement un robinet à tête carrée, mu par une clé spéciale. La tête de l'ajutage est filetée pour la mise en place du régulateur et du manomètre. Ces tubes ont été timbrés à la pression de $250^{kg}$ et ne sont jamais chargés à une pression supérieure à $120^{kg}$.

Le robinet de sortie du gaz se compose essentiellement d'une vis à tête conique qui s'engage dans une cavité de même forme sur le tube de sortie; il en résulte qu'en vissant ou en dévissant légèrement ce robinet, on ouvre un passage plus ou moins grand au gaz et, ainsi, on règle facilement le débit.

L'usine Brin a construit plusieurs modèles de tubes sur lesquels nous donnerons ici quelques renseignements; sept modèles, désignés par la série alphabétique, sont en vente; nous ne citerons que les quatre premiers, qui seuls sont pratiques pour les projections.

| | Tube A. | B. | BB. | C. |
|---|---|---|---|---|
| Contenance à 1 atmosphère.. | $1^l,410$ | $2^l,830$ | $6^l,250$ | $9^l,400$ |
| » à 120 atmosphères. | $165^l$ | $330^l$ | $750^l$ | $1100^l$ |
| Dimensions : Longueur......... | $0^m,30$ | $0^m,58$ | $0^m,58$ | $0^m,80$ |
| » Diamètre......... | $0^m,10$ | $0^m,10$ | $0^m,14$ | $0^m,14$ |
| Poids......................... | $4^{kg}$ | $6^{kg},700$ | $11^{kg}$ | $14^{kg}$ |

**84. Manomètre.** — On se rend compte de la quantité de gaz restant dans le tube à l'aide d'un manomètre Bourdon. On connaît la contenance du tube à 1 atmosphère ; d'autre part, les gaz suivent, dans les limites de l'expérience, la loi de Mariotte, à savoir que les volumes occupés sont en raison inverse des pressions, c'est-à-dire que par chaque atmosphère de pression la contenance s'augmente d'un volume d'oxygène égal à la capacité du tube ; étant donnée la pression manométrique, il suffit donc de la multiplier par la teneur du tube à 1 atmosphère pour savoir ce qui reste de gaz après chaque séance.

Si l'on emploie le tube BB, par exemple, dont la contenance est $6^{lit},250$ et que le manomètre indique 92 atmosphères, on pourra être sûr que le tube contient

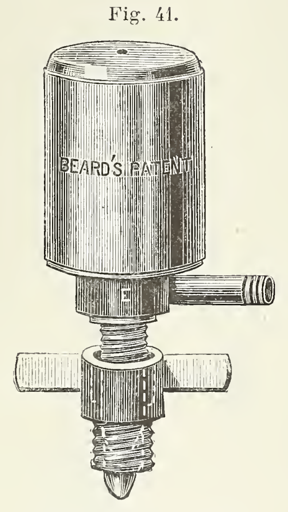
$$6{,}250 \times 92 = 575 \text{ litres.}$$

**85. Régulateur.** — Il importe que le gaz ne parvienne pas au chalumeau avec toute la pression qu'il possède et qui tend de plus en plus à décroître ; il doit être au contraire maintenu à une pression égale et modérée ; on emploie dans ce but un appareil appelé régulateur de pression (*fig.* 41).

Divers modèles ont été proposés par les constructeurs ; ils se réduisent en général au principe suivant : le gaz est obligé de passer par une chambre à parois élastiques, le plus souvent un sac en fort caoutchouc maintenu replié sur lui-même par un ressort ; il gonfle cette chambre et celle-ci

en se déployant soulève une soupape qui obture plus ou moins la sortie du gaz et en modère par suite le débit.

Fig. 41.




Régulateur de pression.

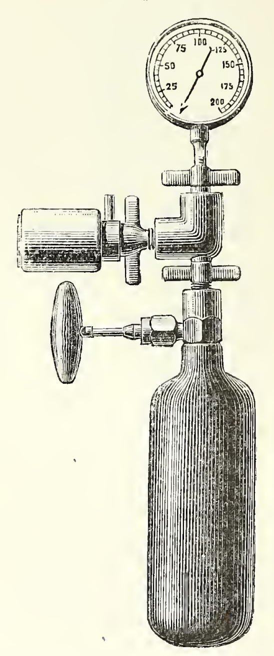
L'ouverture étant toujours réglée par la différence de pression entre le gaz de la chambre et celui du tube, le débit se maintient à une pression toujours égale.

**86. Montage du réservoir à oxygène.** — Le montage le plus commode de ces divers appareils est représenté par la *fig.* 42. On se sert dans ce but d'un ajutage auxiliaire à angle droit muni d'une tubulure à contre-écrou, qui se visse sur l'ajutage du réservoir.

On obtient un joint étanche par la construction suivante : la tubulure est filetée et se termine par une tête de forme ovoïde ; sur le filetage est vissé un contre-écrou à deux

ailettes. L'ajutage du réservoir comprend un embouchoir sur lequel se visse le contre-écrou, et son fond se termine par une chambre conique à la demande de la tête de la tubu-

Fig. 42.




Tube monté avec ses accessoires.

lure et dont la pointe, percée d'un trou de petit diamètre, communique avec le réservoir. On s'assure d'abord que la tête ovoïde et la chambre conique sont exactement propres et lisses, on visse le contre-écrou aux trois quarts, puis la tubulure jusqu'à ce qu'elle porte bien sur les parois de la chambre conique, on resserre le contre-écrou et l'on assure

la fermeture par deux ou trois légers coups de marteau sur une de ses ailettes. Nous sommes entré dans le détail de l'opération parce que certains amateurs, constatant des fuites dans l'appareil, cherchent à les aveugler en graissant fortement toutes les pièces ou en employant des mastics; ces procédés sont absolument inefficaces; le gaz a une pression assez forte pour percer tous les joints plus ou moins mous, tandis que, lorsque les deux ajutages sont bien serrés *à bloc*, il est impossible que l'oxygène puisse passer.

Le manomètre et le régulateur sont montés de la même façon sur les deux ouvertures de l'ajutage auxiliaire et le tube de sortie du gaz est réuni par un caoutchouc au robinet fondant ou au chalumeau. Le robinet de l'un ou l'autre étant fermé, on desserre doucement la vis-robinet du réservoir à l'aide de sa clé, et l'on surveille l'aiguille du manomètre; dès que celle-ci se met en marche, on cesse de dévisser; si l'aiguille montait très rapidement, c'est que l'ouverture est trop grande; on resserre un peu la vis. On ouvre ensuite le robinet du chalumeau et l'on vérifie si le gaz est en quantité convenable; on essaye alors de refermer un peu la vis bouchon, surtout si le tube a toute sa pression, et cela dans le but de ménager les divers organes du chalumeau.

Nous reviendrons du reste sur ce point en parlant du réglage de la lumière.

**87. Innocuité des réservoirs à haute pression. —** Nous avons été surpris de voir des amateurs ne remuer ces tubes chargés qu'avec une prudence exagérée ; il n'y a cependant aucun danger. D'abord, parce que le récipient est capable de supporter de plus fortes pressions, ensuite parce que, y eût-il éclatement, il ne se produirait que par une fis-

sure et non par une projection de débris comme dans l'explosion d'un obus. Le tube ayant subi sans difficulté l'opération du remplissage, s'il devait éclater, ce ne pourrait être que par une augmentation brusque de pression comme on l'observe dans les projectiles. On a beaucoup parlé d'accidents de ce genre en Angleterre et en Amérique, mais il convient de dire qu'ils proviennent surtout de l'emploi de réservoirs chargés avec un mélange d'oxygène et d'hydrogène, mélange des plus explosifs, ou de l'usage des chalumeaux à gaz combinés, *mixed jet*, qui peuvent, comme nous le verrons plus tard, amener des combinaisons ultérieures. Nous avons insisté sur ce point, qui semble empêcher nombre d'amateurs de se servir d'un procédé pourtant si commode et qui supprime toute la petite cuisine chimique, que nous avons indiquée plus haut.

---

# CHAPITRE IX.

## LA LUMIÈRE OXYHYDRIQUE.

(*Suite*).

---

### L'HYDROGÈNE.

Généralités. — Propriétés et préparation de l'hydrogène. — Procédés pratiques. — Réaction produite. — Proportion d'hydrogène dégagé. — Sacs à hydrogène. — Leurs inconvénients. — Production industrielle. — Succédanés de l'hydrogène : 1° le gaz d'éclairage ; — 2° l'air carburé ; — 3° l'oxygène carburé ; — 4° la vapeur d'éther ; — 5° l'alcool.

**88. Généralités.** — Nous avons, dans le Chapitre précédent, étudié l'oxygène, le gaz comburant; nous nous occuperons, dans celui-ci, du gaz combustible.

Il est de toute importance que la réunion des deux gaz donne le plus de chaleur possible afin d'amener le crayon de matière réfractaire au blanc éblouissant. De tous les gaz combustibles, celui qui répond le mieux à ce desideratum est l'hydrogène pur. S'il est mélangé avec l'oxygène dans les proportions exactes de l'eau, $H^2O$, le résultat de la combinaison est de la vapeur d'eau, et il y a production de température extrêmement élevée. Fabre et Silbermann ont trouvé que, dans ces conditions, il y avait dégagement de 34462 calories, et Becquerel estime que la flamme oxyhy-

drique atteint une température d'environ 1700°; elle est capable de fondre le platine [1].

**89. Propriétés et préparation de l'hydrogène.** — L'hydrogène, dont le nom signifie littéralement engendreur d'eau, s'appelait autrefois *air inflammable*. C'est un gaz incolore, inodore et sans saveur lorsqu'il est pur. Il est peu soluble dans l'eau et est extrêmement léger : sa densité est de 0,0692. C'est le gaz le plus léger; il est 14 fois $\frac{1}{2}$ moins lourd que l'air : un litre d'hydrogène pèse 0gr,089. Il est extrêmement subtil et traverse toutes les enveloppes avec la plus grande facilité; nous verrons plus tard que cette propriété rend sa conservation très difficile en sacs de caoutchouc.

L'hydrogène forme avec l'oxygène un mélange détonant des plus dangereux, surtout s'il est dans la proportion de 2 d'hydrogène pour 1 d'oxygène. Ce mélange gazeux portait autrefois le nom caractéristique de *gaz tonnant*. Le mélange de l'hydrogène avec l'air n'est pas moins dangereux; dans la proportion de 1vol d'hydrogène et de 5vol d'air, il se forme du gaz tonnant: il y a donc lieu, dans toutes les manipulations de ce gaz, de prendre les plus grandes précautions.

De nombreux procédés de laboratoire permettent d'isoler ce gaz :

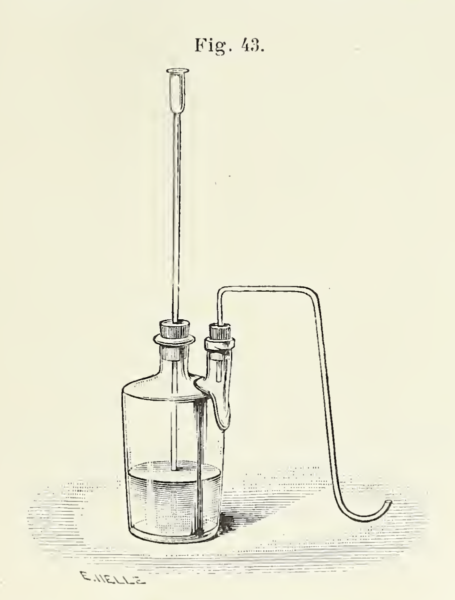
(a) Le procédé le plus habituel consiste à décomposer un acide fort, en présence de l'eau, par un métal de la deuxième section : zinc ou fer. Dans un flacon à deux tubulures, on met

---

[1] C'est le procédé qui a été employé au Conservatoire des Arts et Métiers pour la fusion du platine destiné à la confection des étalons métriques.

de la grenaille de zinc et de l'eau (*fig.* 43). Une des tubulures sert à placer le tube de dégagement, le bouchon de l'autre tubulure est traversé par un tube à entonnoir plongeant dans l'eau. Par l'entonnoir on verse de l'acide chlorhydrique ou sulfurique. Le zinc ne tarde pas à entrer en

Fig. 43.



Préparation de l'hydrogène

combinaison avec l'acide pour former un chlorure ou un sulfate, et l'hydrogène se dégage. On doit laisser s'écouler les premières portions du gaz, qui formeraient, avec l'air du flacon, un mélange détonant.

Au bout de quelques instants, le flacon n'est plus rempli que d'hydrogène, qui peut brûler alors avec une flamme bleuâtre, peu éclairante, mais très chaude.

(*b*) En faisant passer un courant de vapeur d'eau dans un tube de porcelaine contenant des rognures de fer, et chauffé au rouge sombre; le métal s'oxyde aux dépens de l'oxygène de l'eau et il se dégage de l'hydrogène pur.

(*c*) En décomposant l'eau par un courant électrique, l'hydrogène se porte au pôle positif, l'oxygène au pôle négatif. Ce procédé aurait l'avantage de fournir les deux gaz nécessaires pour la production de la lumière oxyhydrique, mais, dans l'état de la science, il est long et coûteux lorsqu'il s'agit de volumes un peu considérables.

Telles sont les principales préparations de l'hydrogène, mais de nombreuses réactions peuvent encore produire ce gaz. Ainsi les métaux de la première section décomposent l'eau à froid; le zinc, en présence d'une lessive concentrée de potasse, donne un sel zinco-potassique et de l'hydrogène; les alcalis décomposent nombre de matières organiques en mettant ce gaz en liberté, etc.

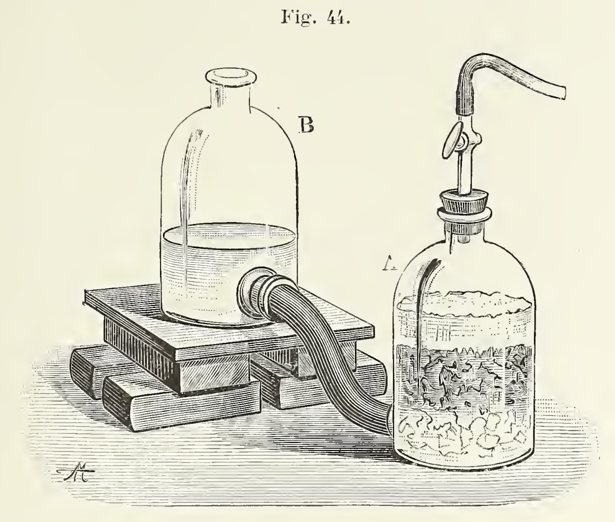
**90. Procédés pratiques.** — Le premier procédé indiqué plus haut est le plus pratique et a été employé souvent pour produire certaines quantités de gaz. Parmi les divers appareils construits dans ce but, nous citerons d'abord le suivant, très usité dans les laboratoires.

Deux grands flacons (*fig.* 44) à tubulure inférieure sont réunis par un fort tube en caoutchouc : un des flacons A est à demi rempli de rognures de zinc; mais on a dû avoir soin, au préalable, de mettre au fond une couche de fragments de porcelaine ou de brique, dépassant un peu le dessus de la tubulure; ce flacon est fermé par un tube à robinet. L'autre flacon B reste ouvert et contient un mélange d'acide sulfurique et d'eau, dans la proportion d'environ 1 à 2 d'acide pour 10 d'eau. Il ne faut pas que la proportion d'eau soit trop

faible, sinon le sel de zinc formé cristalliserait sur le métal ou engorgerait les conduits, et l'opération serait arrêtée très vite.

Lorsqu'on ouvre le robinet, le liquide se met de niveau dans les deux flacons et, venant au contact du zinc, l'hydrogène se dégage. Si l'on ferme le robinet, l'hydrogène con-

Fig. 44.




Appareil de production continue de l'hydrogène.

tinue à se dégager; mais, peu à peu, il se comprime et refoule le liquide dans le second flacon, qui doit rester ouvert pour laisser rentrer facilement les liquides. L'acide ayant été évacué, l'action cesse, pour reprendre dès qu'on ouvrira de nouveau le robinet. C'est donc un appareil de préparation continue.

Nous signalerons que, sur ce principe, M. Molteni a con-

struit un appareil consistant en une cloche de plomb remplie de rognures de zinc et plongeant dans un seau contenant un mélange d'acide sulfurique et d'eau. L'appareil, très bien combiné, est des plus pratiques.

Le fonctionnement de cet appareil est le même que dans le cas précédent : dès qu'on ouvre le robinet qui surmonte la cloche, le liquide se met de niveau dans celle-ci et le zinc est attaqué; dès que le robinet est fermé, l'hydrogène refoule le liquide au dehors.

Il est à noter que le gaz fabriqué par ce procédé a une odeur très désagréable, produite par la décomposition du soufre, du carbone, du phosphore et de l'arsenic qui sont contenus dans le métal et qui forment avec l'hydrogène naissant des composés gazeux. De plus, le gaz emporte avec lui des vapeurs acides et, avant de l'emmagasiner dans le sac, il est bon de le faire barboter dans de l'eau de potasse, contenue dans un flacon laveur, comme ceux qui ont été décrits dans le Chapitre précédent.

**91. Réaction produite.** — La réaction produite est représentée par l'équation suivante (¹) :

$$Zn + H^2SO^4 = H^2 + ZnSO^4.$$

Il se forme donc du sulfate de zinc qui prend 7 molécules d'eau pour cristalliser, ce qui ne tarderait pas à rendre le liquide très dense, si l'on n'avait soin d'étendre beaucoup l'acide. Dans la réaction, une assez forte quantité de chaleur est dégagée, ce qui amène souvent le bris des vases de verre dans l'appareil de laboratoire.

---

(¹) Nous donnons là la formule suivant la notation atomique. — L'ancienne formule est : $Zn + SO^3, HO = ZnO, SO^3 + H$.

Mais la formation rapide des cristaux constitue surtout une gêne. Si l'on emploie l'acide chlorhydrique, le chlorure de zinc formé étant plus soluble et ne comprenant pas d'eau de cristallisation, la formation des cristaux est plus longtemps retardée.

**92. Proportion d'hydrogène dégagé.** — Il est assez utile de se rendre compte des quantités de métal ou d'acide nécessaires pour un volume donné de gaz, soit par exemple 100 litres.

La formule donne :

$$Zn + H^2SO^4 = H^2 + ZnSO^4$$
$$65 + (2 + 32 + 64 = 98) = 2 + (65 + 32 + 64 = 161).$$

Ainsi, pour obtenir 2gr d'hydrogène, il faut 65gr de zinc et 98gr d'acide sulfurique. Or, 2gr d'hydrogène représentent 22lit,346; pour 100 litres, il faudrait environ 4,5 fois plus de chacun de ces corps, soit 5 fois en chiffres ronds, c'est-à-dire 325gr de zinc et 490gr d'acide sulfurique.

Si l'on avait opéré avec de l'acide chlorhydrique, il aurait fallu, pour la même quantité, 650gr de zinc et 365gr d'acide chlorhydrique.

**93. Sacs à hydrogène, leurs inconvénients.** — L'hydrogène s'emmagasine dans les mêmes sacs que ceux à oxygène, mais ils doivent être de volume double, étant données les proportions nécessaires des deux gaz dans la production de la lumière oxyhydrique.

Le gaz ne doit pas être conservé plus de vingt-quatre heures dans ces sacs, car il ne tarde pas à se faire, par diffusion, un échange entre l'hydrogène et l'air ambiant : c'est-

à-dire que le gaz tend à s'échapper par les pores du tissu, et il est remplacé au fur et à mesure par égale quantité d'air; il en résulte qu'au bout d'un temps relativement court, le sac ne contient plus qu'un mélange devenant très dangereux à manier.

**94. Production industrielle.** — On a cherché, à plusieurs reprises, à produire l'hydrogène industriellement par la décomposition de la vapeur d'eau par le fer ou le charbon porté au rouge. En Angleterre, on trouve des tubes en acier chargés avec ce gaz, sous pression, comme nous avons vu le faire pour l'oxygène; mais, en France, ce procédé n'a pas été admis à cause du danger qu'il présente.

En tous cas, il est absolument utile, si l'on fait usage des deux gaz comprimés, de faire peindre différemment les deux tubes et d'inscrire en gros caractères, sur chacun d'eux, le nom du gaz qu'il renferme. (Décision du Congrès.)

**95. Succédanés de l'hydrogène.** — Si l'hydrogène a, sur tout autre gaz combustible, l'avantage de fournir pour un volume donné le maximum de calories, il a de nombreux inconvénients; sa production et sa conservation, en particulier, ne sont pas sans difficulté, ni même sans danger. Aussi l'emploi de l'hydrogène pur a été peu à peu abandonné, et l'on a cherché à le remplacer par d'autres gaz d'un maniement plus commode.

**96. Le gaz d'éclairage.** — Le gaz d'éclairage, dont les canalisations se trouvent à peu près établies partout maintenant, est d'un emploi très commode; on sait que le gaz d'éclairage est un mélange de gaz divers obtenus par la

distillation de la houille et dont la composition moyenne est la suivante :

| | (1) | (2) |
|---|---|---|
| Bicarbure d'hydrogène ($C^2H^4$)...... | 3,8 | 6,4 |
| Gaz des marais ($CH^4$)............... | 32,8 | 34,9 |
| Oxyde de carbone.................... | 12,9 | 6,6 |
| Acide carbonique.................... | 0,3 | 3,6 |
| Hydrogène.......................... | 50,2 | 45,6 |
| Azote.............................. | » | 2,7 |
| | 100,0 | 100,0 |

Ces deux analyses faites sur deux gaz de provenances différentes, montrent que l'hydrogène est dans la proportion de 55 à 60 pour 100; le reste est constitué par des produits carbonés, qui absorbent pour leur combustion une certaine partie de l'oxygène et, par suite, la température atteinte est moins élevée. Mais la perte de lumière est amplement compensée par la facilité d'emploi.

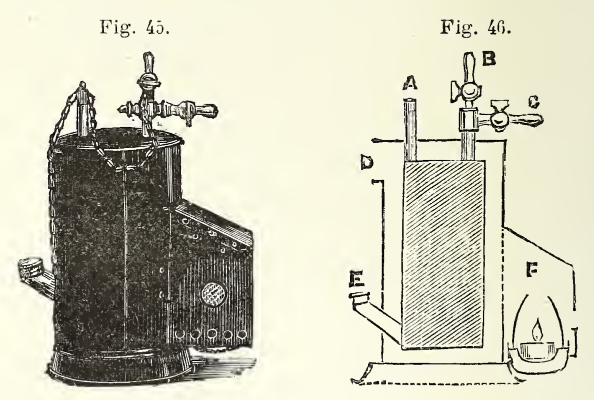
**97. L'air carburé.** — Certaines essences, telles que la benzine, les diverses huiles légères de pétrole vendues dans le commerce sous le nom de *gazoline, gaz mill, benzoline*, etc., sont volatiles à la température ordinaire; il suffit de les faire traverser par un courant d'air sous pression; celui-ci, en se chargeant de vapeur, devient en quelque sorte combustible.

L'appareil qui sert à charger l'air de ces vapeurs inflammables s'appelle *carburateur*. De nombreux modèles ont été construits; nous signalerons en particulier le modèle suivant (*fig*. 45, 46) dû à W. Scott et appelé le *Warm-air saturator*, le carburateur à air chaud. L'inventeur, remarquant que la production des vapeurs d'essence au passage de l'air se faisait avec abaissement de température, au dé-

pens même de la vaporisation, a eu l'ingénieuse idée d'enfermer le carburateur dans une double enveloppe dont l'air est échauffé par une petite veilleuse F. Il évite ainsi une trop forte élévation de température qui pourrait être dangereuse (¹) et régularise la vaporisation.

L'air, avec les vapeurs d'essence, forme un mélange explosif des plus dangereux, s'il n'est pas saturé; d'autre

Fig. 45. Fig. 46.




Carburateur à air chaud.

part, les essences sont très inflammables. Il est donc utile, pour prévenir tout accident, d'interposer entre le carburateur et le chalumeau un appareil de sûreté. En Angleterre, sous le nom de *safety-brass*, on se sert, dans ce but, d'un tube rempli de pierre ponce en petits morceaux de la grosseur d'un pois : dans le cas d'un retour de flamme, celle-ci se refroidit et s'éteint en traversant les interstices de la pierre

(¹) Si l'on emploie l'oxygène, le tube C se bifurque; une partie du courant passe dans le carburateur, l'autre se rend au chalumeau par le tube B.

ponce. Pour notre compte, nous avons fait établir, par MM. Clément et Gilmer [1], un tube d'environ $0^m,04$ de diamètre et de $0^m,15$ de long, dans lequel sont empilées des rondelles de toile métallique fine, espacées de $0^m,008$ par des anneaux de laiton; le milieu du tube est rempli sur une hauteur de $0^m,04$ de coton légèrement tassé. Cet appareil arrête absolument les retours de flamme, ainsi que nous l'avons constaté par diverses expériences; il est du reste basé, comme on peut le voir, sur le principe même de la lampe de Davy.

L'air carburé donne le plus souvent un léger sifflement; ce bruit est dû à l'azote de l'air, qui s'échappe sans produire d'effet utile; il ne faut point oublier, en effet, que l'air contient environ 79 pour 100 d'azote, et cette énorme proportion de gaz inerte a le grave défaut d'absorber beaucoup de chaleur aux dépens de la lumière. D'un autre côté, l'air doit être envoyé au carburateur sous pression. On se sert, dans ce but, soit de sacs de caoutchouc avec compresseurs, soit d'un soufflet relié au carburateur par deux ballons en caoutchouc, avec soupapes de retenue, destinés à convertir le courant d'air intermittent en courant continu (*Voir* **118**).

**98. L'oxygène carburé.** — On évite tous ces inconvénients et l'on simplifie l'appareillage général en carburant l'oxygène; dans ce but, il vaut mieux se servir d'un tube à oxygène sous haute pression. A la sortie du régulateur, on ajuste un tube de caoutchouc aboutissant à un tube de cuivre en Y; de l'une des branches supérieures, l'oxygène est conduit au robinet du chalumeau par un tube de caoutchouc, la seconde branche est reliée au carburateur et le

---

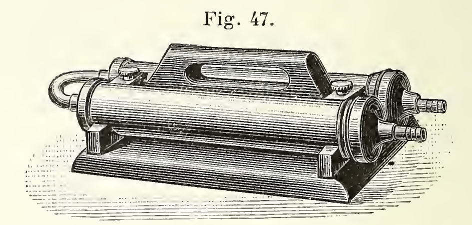
[1] L'appareil a été breveté par les constructeurs.

gaz carburé est ensuite conduit, après interposition d'un appareil de sûreté, au robinet du chalumeau.

Avec ce dispositif, qui n'est nullement dangereux, la lumière est très belle, très fixe et silencieuse.

**99. La vapeur d'éther.** — En Angleterre, on a préconisé l'emploi de l'éther en remplacement d'essence, on donne à ce mode d'éclairage le nom d'*ethoxo-limelight*. Sous le nom d'*éther saturator*, on a construit un très ingénieux carburateur à l'éther représenté par la figure ci-contre (*fig.* 47). Il

Fig. 47.



Éther saturator.

se compose de deux tubes de $0^m,06$ de diamètre et de $0^m,30$ de long, fixés côte à côte horizontalement sur une planchette à poignée centrale : les deux tubes sont reliés à une de leurs extrémités par une tubulure de cuivre en forme d'U; les deux autres extrémités sont fermées par un couvercle conique à vis avec téton pour le placement des tubes de caoutchouc. Dans chaque tube est glissé à frottement un fort rouleau de flanelle enroulé sur un ressort à boudin formant canal central. On remplit les tubes d'éther et, lorsque la flanelle est bien imbibée, on reverse l'excédent. Une dérivation d'oxygène passe par l'appareil, se charge de vapeur d'éther et se rend au brûleur. La lumière ainsi obtenue est très belle, mais non pas sans danger, et, malgré sa grande vogue

en Angleterre, la lumière oxyéthérique n'a pas été acceptée, heureusement, en France. Mais nous signalerons que le saturateur que nous venons de décrire, imprégné de gazoline, remplit parfaitement le rôle de carburateur et nous a rendu d'excellents services.

**100. L'alcool.** — Un autre succédané de l'hydrogène, fort employé et sans danger, est l'alcool, qui sert à produire la lumière improprement appelée oxycalcique (oxygène et chaux), et dont le véritable nom, pour suivre la nomenclature habituelle, devrait être *oxyméthylique* ou *oxyalcoolique*. Le procédé consiste essentiellement à insuffler un courant d'oxygène dans une flamme d'alcool; celle-ci est projetée sur un bâton de chaux qui passe à l'incandescence. La lumière ainsi obtenue est moins vive qu'avec l'hydrogène ou même le gaz d'éclairage, mais elle est beaucoup plus vive que celle fournie par les lampes à pétrole et est d'un emploi assez commode, nous la décrirons en détail au Chapitre suivant (*Voir* **106**).

# CHAPITRE X.

## LA LUMIÈRE OXYHYDRIQUE.

(*Suite et fin*).

---

### PRODUCTION DE LA LUMIÈRE.

Dispositions générales. — Chalumeaux à gaz séparés. — Chalumeau horizontal. — Chalumeau vertical. — Chalumeau à gaz mélangés. — Bec oxycalcique. — Bâton de chaux. — Support pour la chaux. — Inconvénients de la chaux. — Succédanés de la chaux. — Réglage des chalumeaux.

**101. Dispositions générales.** — Maintenant que la fabrication et les propriétés des deux gaz dont nous aurons besoin nous sont connues, il s'agit de les mettre en œuvre, à savoir de les lancer sous pression et enflammés sur une matière réfractaire, qui sera rapidement portée au blanc éblouissant. L'appareil employé dans ce but s'appelle *chalumeau*. Les nombreux modèles qui ont été proposés peuvent se réduire à deux types : le chalumeau à gaz séparés, surtout employé en France, et le chalumeau à gaz mélangés, usité de préférence en Amérique.

Nous les étudierons séparément.

**102. Chalumeaux à gaz séparés.** — Dans les chalumeaux à gaz séparés, le tube amenant l'hydrogène débouche

à la base d'un tube plus large, qui se termine par un bec conique se recourbant à 45° pour projeter le dard enflammé sur la matière réfractaire, placée en arrière. Un second tube, destiné à conduire l'oxygène, pénètre dans le tube élargi, concentriquement à lui, et vient déboucher près de l'ouverture. Il résulte de cette construction que le mélange des gaz ne s'opère qu'au point même où a lieu la combustion, ce qui écarte tout danger d'explosion. Réellement, le mélange des gaz ne s'opère qu'à l'extrémité du dard et il est facile, en examinant un bec oxyhydrique bien réglé, de voir que l'oxygène forme une sorte de canal obscur à la base de la flamme bleuâtre de l'hydrogène.

La perce des deux tubes a une grande importance : si l'on se sert des deux gaz purs, le débit doit être de 1 d'oxygène pour 2 d'hydrogène; si l'on se sert de gaz d'éclairage, la quantité d'oxygène doit être plus considérable.

Il est absolument indispensable que les deux tubes soient exactement centrés et que le bec d'oxygène débouche un peu en arrière de l'ouverture de l'hydrogène ([1]), de manière que le premier gaz chasse, par sa pression, le second sur la matière à rendre incandescente.

Si le chalumeau est bien construit, lorsque, après avoir allumé l'hydrogène, on ouvre le robinet d'oxygène, il doit se former à l'orifice une sorte de boule bleuâtre se prolongeant en un tube bleu pâle s'effilant en pointe. Nous verrons plus loin comment se règle cette flamme.

Sur cette donnée, les constructeurs ont établi deux modèles de chalumeaux :

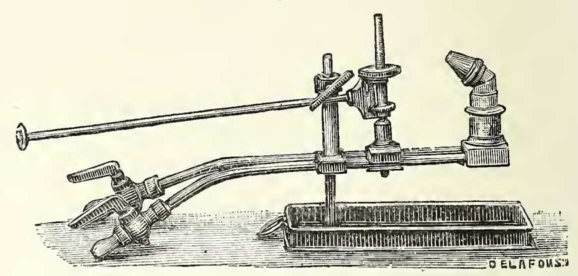
Le modèle horizontal et le modèle vertical.

---

([1]) L'oxygène doit déboucher en arrière de l'ouverture de l'hydrogène, à une distance égale au rayon de la grande ouverture.

**103. Chalumeau horizontal.** — Le chalumeau horizontal, dont la *fig.* 48 nous présente un spécimen, comprend les deux tubes à gaz montés horizontalement sur une colonne,

Fig. 48.



Chalumeau horizontal, modèle Laverne.

à vis de pression, coulissant sur une tige fixée à un cendrier qui sert de base à l'appareil. En arrière du bec, glisse sur les deux tubes de gaz le mécanisme destiné à soutenir

Fig. 49.

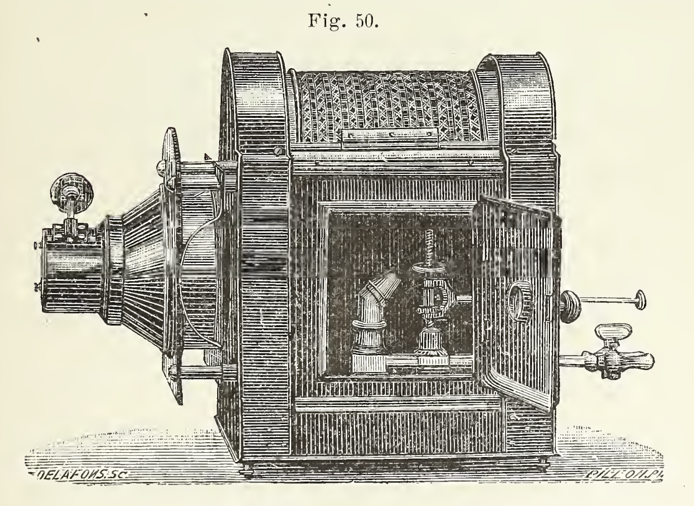
Chalumeau à crémaillère de centrage.

le crayon de matière réfractaire, que nous décrirons plus loin (**113**). Le modèle qui est figuré ci-dessus (*fig.* 48) se centre en hauteur en soulevant simplement le chalumeau et

en serrant la vis de pression quand le centrage est obtenu; dans les lanternes perfectionnées, Clément et Gilmer emploient le modèle suivant (*fig.* 49), dans lequel le mouvement de montée ou de descente est obtenu par une crémaillère munie d'un pignon. Le cendrier est remplacé par une plaquette de métal, coulissant dans le fond de la lanterne et dont le réglage a été soigneusement fait dans la construction; une vis de serrage maintient le chalumeau en place, lorsque le centrage a été obtenu.

La *fig.* 50 indique comment se placent les chalumeaux

Fig. 50.

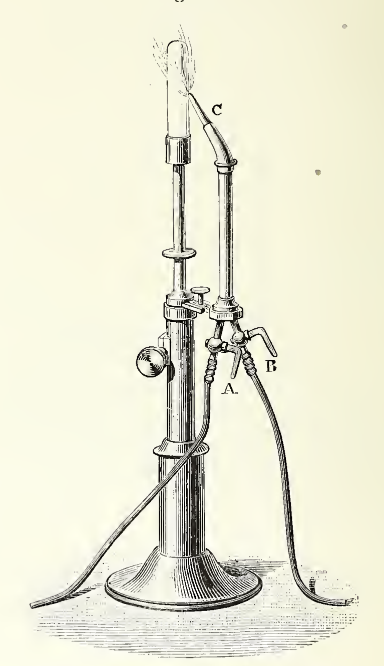



Placement du chalumeau.

horizontaux; on remarquera que, dans le milieu de la porte, est pratiquée une petite ouverture ronde, garnie d'un verre bleu foncé, qui permet de surveiller la marche de la flamme sans fatigue pour les yeux. Un petit volet métallique sert à obturer au besoin cette ouverture.

**104. Chalumeau vertical.** — Certains constructeurs, tels que MM. Molteni et Duboscq, emploient de préférence

Fig. 51.




Chalumeau vertical.

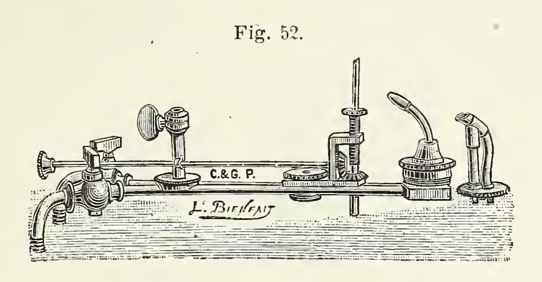
le chalumeau vertical, qui ne diffère du précédent que par ses dispositions générales.

Les deux tubes à gaz A et B communiquent à un tube droit, terminé par un ajutage conique, incliné. L'oxygène est conduit jusqu'à la buse (C) par un petit tube concentrique, disposé comme nous l'avons dit plus haut. Le bâton de matière réfractaire est élevé ou abaissé à l'aide d'une

crémaillère, et une coulisse à vis de pression sert à régler l'écartement du bec du chalumeau.

**105. Chalumeau à gaz mélangés.** — Nous avons dit qu'à l'étranger on employait de préférence les chalumeaux à gaz mélangés (*mixed jets*); ils comprennent (*fig.* 52) deux tubes, amenant les gaz et débouchant dans une petite

Fig. 52.




Chalumeau à gaz mélangés.

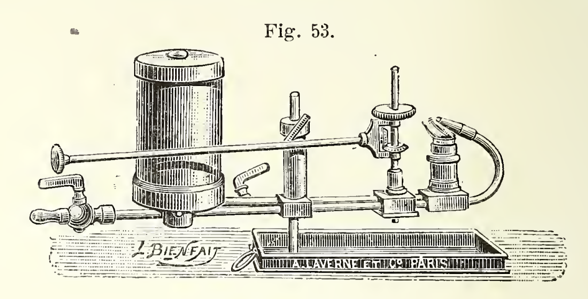
chambre cylindrique surmontée d'un couvercle conique et d'un ajutage incliné. Les deux gaz se mélangent dans la chambre et sont enflammés à la sortie, qui présente une ouverture très petite. Ce mode de construction est assez dangereux, en ce sens que, si la pression diminue du côté de l'hydrogène, l'oxygène peut être injecté dans celui-ci et former un mélange détonant; on peut diminuer les chances d'accident en mettant dans la chambre de mélange deux ou trois rondelles de toile métallique, ou en interposant sur le trajet des gaz des tubes de sûreté.

Quelques chalumeaux de ce genre peuvent recevoir à volonté soit la tubulure simple, soit une double tubulure (*fig.* 52); grâce à une bague de serrage, l'une des montures est rapidement substituée à l'autre.

**106. Bec oxycalcique.** — Nous avons indiqué, dans le Chapitre précédent, que l'hydrogène pouvait être remplacé par l'alcool enflammé; l'appareil qui sert dans ce but (*fig.* 53) porte le nom de *bec oxycalcique* ou *chalumeau à alcool.*

Il se compose essentiellement d'un tube amenant l'oxygène et se recourbant à son extrémité au-dessus de la mèche d'une lampe à alcool. Celle-ci, de petite dimension,

Fig. 53.




Chalumeau à alcool.

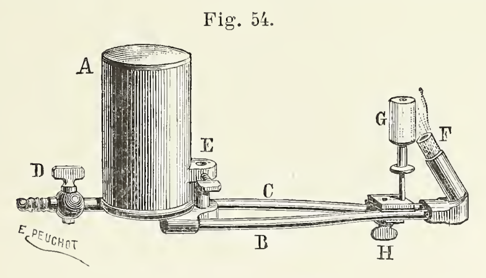
est alimentée par un réservoir cylindrique placé plus en arrière, pour éviter l'échauffement de l'alcool. Contre la lampe est disposé le support pour le bâton réfractaire. Le réservoir est constitué d'après le principe du vase de Mariotte; il consiste en un cylindre ouvert à sa partie supérieure et mis en relation vers le fond, par un tube de cuivre, avec la lampe à alcool. Dans ce cylindre s'introduit à frottement un vase étanche, portant sur la base inférieure une ouverture fermée par une soupape munie d'une tige d'une certaine longueur. Ce vase ayant été rempli d'alcool, est renversé, puis introduit dans le cylindre; lorsqu'il est à fond, la tige est repoussée et ouvre la soupape qui laisse écouler l'alcool. En arrivant au niveau supérieur de la lampe, l'alcool baigne, dans le réservoir, l'entrée de la soupape,

empêche par suite toute rentrée d'air dans le réservoir, qui ne peut dès lors se vider. Aussitôt que le liquide baisse dans la lampe, la soupape est dégagée, l'air rentre dans le réservoir et un peu d'alcool s'écoule ; par une suite de manœuvres de ce genre, l'alcool est maintenu toujours au même niveau dans la lampe.

Le réglage de cet appareil est assez délicat ; la mèche doit être très propre, écartée avec soin de chaque côté du jet d'oxygène pour livrer facilement passage à ce gaz ; le moindre brin de coton suffit pour faire dévier le jet et, par suite, diminuer le pouvoir éclairant.

Pour éviter cet inconvénient, M. Molteni emploie une

Fig. 54.




Bec oxycalcique Molteni.

lampe à alcool à mèche ronde, au centre de laquelle est projeté le jet d'oxygène. A est le réservoir d'alcool (*fig.* 54) qui communique par un tube B avec le brûleur F ; D est le robinet de l'oxygène conduit par le tube C. En G se voit le bâton de chaux soutenu par un support à vis de pression H.

Le bec oxycalcique donne une très belle lumière, variant de 100 à 200 bougies, et ne demande aucune surveillance ; il nécessite toutefois une parfaite horizontalité dans la lanterne, sinon l'alcool n'arrive pas bien à la mèche.

**107. Bâton de chaux.** — Nous avons dit jusqu'ici que la flamme oxyhydrique était projetée sur un bâton de matière réfractaire ; la matière la plus employée est la chaux vive, qui donne une très belle lumière blanche. Les bâtons ont généralement une forme cylindrique de $0^m,03$ de haut sur $0^m,02$ de diamètre; ils sont percés d'un trou central, de manière à être enfilés sur la broche qu'on a pu voir figurée dans les précédents chalumeaux.

Le commerce fournit ces bâtons tout préparés, mais il n'est pas difficile de les faire soi-même. On taille dans un morceau de chaux vive des prismes de dimensions voulues à l'aide d'une scie à forte denture [1]; on perce le trou à l'aide d'un vilebrequin, mais en ayant soin de dégager souvent l'outil, sinon on s'exposerait à faire éclater la chaux. Une fois le trou percé, on abat les angles à l'aide d'une râpe. Toutes ces préparations doivent être faites avec les mains fortement enduites de vaseline ou recouvertes de gants vaselinés, sinon la peau serait attaquée, et l'on éprouverait des démangeaisons douloureuses.

Pour les chalumeaux oxyhydriques, la chaux dure convient le mieux; pour les becs oxycalciques, la chaux tendre est préférable.

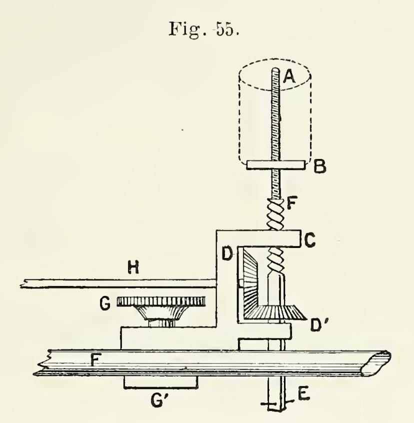
**108. Support pour la chaux.** — Sous le choc des gaz, le bâton de chaux ne tarde pas à se creuser; non seulement il y a par ce fait perte de lumière, mais encore le jet enflammé peut être réfléchi sur le condensateur et en amener la rupture. Il y a donc lieu, pour ces diverses raisons, de placer le bâton de chaux sur un mécanisme qui permette

---

(1) La scie doit être légèrement graissée, et, après usage, soigneusement essuyée, sinon elle rouillerait très vite.

de le tourner facilement. Le montage le plus habituel est figuré ci-contre (*fig.* 55). Il se compose d'un support pouvant glisser sur les tubes d'arrivée des gaz et arrêté par une vis G agissant sur un écrou G′ placé sous les tubes. La broche (A) sur laquelle s'enfile le bâton de chaux (figuré en pointillé) est filetée et porte un écrou (B) en forme de

Fig. 55.




Support du bâton de chaux.

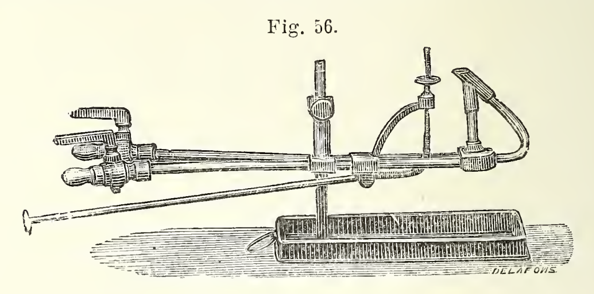
disque, sur lequel repose le bâton; par cette disposition il est facile, en vissant ou dévissant l'écrou B, de mettre le bâton à la hauteur voulue. La broche se continue par une vis de plus forte section et à pas allongé se mouvant dans un filetage en C; en dessous de cette vis, la broche se termine par une partie de section carrée sur laquelle est enfilée une roue d'angle D′, mise en mouvement par une seconde roue D manœuvrée de loin par l'axe H. Il résulte de cette construction qu'en agissant sur l'axe on fait tourner la roue d'angle D′, la broche se visse dans son écrou C, tandis qu'elle glisse dans le trou de la roue d'angle D′ qui reste

en place. Le bâton de chaux tourne ainsi sur son axe en s'élevant ; il est par suite très facile de changer le point frappé par le jet et d'éviter la production du cratère.

En Angleterre, afin de prévenir ces projections enflammées sur le condensateur, on entoure le bâton de chaux d'une sorte d'enveloppe cylindrique en métal, percée en face du jet d'une ouverture ovale ([1]). Nous n'avons pas essayé ce dispositif, mais nous croyons peu à son efficacité.

Le mécanisme assez compliqué que nous venons de dé-

Fig. 56.




Petit chalumeau anglais.

crire, et qui est employé pour les appareils de prix, a été très ingénieusement simplifié en Angleterre pour les petits appareils. La broche qui porte le bâton de chaux se visse sur un écrou fixe porté par une branche recourbée (*fig.* 56); d'autre part, cette broche est reliée à la tige de manœuvre par un ressort à boudin qui forme joint souple et transforme le mouvement de rotation horizontal de la tige en mouvement vertical et fait visser ou dévisser la broche dans son écrou.

**109. Inconvénients de la chaux.** — La chaux présente quelques inconvénients qu'il est utile de signaler.

---

([1]) Ce dispositif est construit par G. Wood.

Nous venons de voir qu'elle peut se creuser facilement sous l'influence du dard de flamme; mais, d'autre part, comme elle conduit très mal la chaleur, elle peut se fendre brusquement au cours de la soirée si l'on n'a pas eu soin, au début, de l'échauffer régulièrement, ou si un courant d'air froid vient à la frapper. En outre, un bâton qui a été chauffé est presque toujours perdu; car il ne tarde pas, en se refroidissant, à absorber l'humidité de l'air et tombe en poussière.

Il convient du reste de rappeler à ce sujet que les bâtons de chaux doivent être toujours conservés dans des boîtes étanches de fer-blanc, en ayant soin de remplir les interstices de chaux délitée, en poudre. Ces bâtons de chaux vive, en absorbant l'humidité de l'air, gonflent beaucoup en déployant une force considérable; nous avons vu des flacons de verre imparfaitement bouchés brisés par l'expansion de la chaux hydratée.

**110. Succédanés de la chaux.** — On a cherché à plusieurs reprises à remplacer la chaux par une matière capable de résister plus longtemps et sur laquelle l'humidité de l'air n'eût aucune action. Hepworth a essayé de rendre les bâtons de chaux insensibles à l'action de l'humidité en les vernissant extérieurement avec un vernis de caoutchouc dissous dans de la benzine ou du chloroforme; en Amérique, paraît-il, on a essayé de paraffiner ces bâtons en les trempant dans un bain de paraffine ou de cire blanche fondue; nous ne pensons pas que ces procédés soient très efficaces et, lorsque la chaux est portée au blanc par le chalumeau, il doit y avoir production de vapeurs hydrocarburées de désagréable odeur.

On a préconisé l'emploi de la magnésie, qui donne une

lumière d'un blanc violacé très agréable, mais il est bien difficile d'obtenir des bâtons compacts; la magnésie est une poudre sèche qui s'agglomère très mal, même sous de fortes pressions. Dès qu'elle est chauffée par le chalumeau, elle tend à s'exfolier, il se produit des fissures qui diminuent la lumière. On rend la magnésie plus plastique en la mélangeant avec de la chaux en poudre (4 parties de chaux et 1 partie de carbonate de magnésie hydraté); on comprime ce mélange dans un moule convenable. Il ne faut pas chercher à obtenir des bâtons isolés, qui se briseraient facilement, mais il vaut mieux comprimer les deux oxydes dans une coupelle de métal qui se place sur le chalumeau à l'aide d'une pince spéciale. Pumphrey et divers autres constructeurs ont combiné des appareils dans ce genre.

On a recommandé d'agglutiner les poudres avec un mucilage de gomme arabique; nous avons essayé ce procédé, qui nous a donné des bâtons s'exfoliant très rapidement dans le jet enflammé.

Nous signalerons que Tessié du Motay employait, dans son éclairage oxyhydrique, des crayons de magnésie comprimée, préparés par une méthode due à M. Caron. Mais ces crayons ne tardaient pas à se creuser comme la chaux et, après de nombreuses recherches, M. Caron a trouvé que le zircone (oxyde de zirconium), tout en fournissant une lumière plus blanche et plus intense que la magnésie, était capable d'une plus longue durée et était inaltérable par l'air humide.

Malgré ses défauts, le bâton de chaux vive, à cause de la modicité de son prix, reste jusqu'à présent le moyen le plus pratique pour obtenir la lumière oxyhydrique.

Cependant il convient de mentionner qu'on vient de

mettre dans le commerce une préparation à base de zircone qui donne de fort bons résultats. L'oxyde de zircone, mélangé de magnésie et d'autres oxydes de la même classe, est moulé par compression énergique en une pastille lenticulaire de $0^m,012$ à $0^m,015$ de diamètre et $0^m,004$ à $0^m,005$ d'épaisseur. Cette pastille est comprimée sur une armature de métal, qu'on nous a dit être du zirconium (?), dont une petite pointe d'environ $0^m,005$ ressort sur une des tranches de la pastille. Cette pointe sert au fixage de la pastille dans une monture particulière. Nous avons essayé ce procédé en nous contentant de percer un petit trou sur le bord de l'écrou du chalumeau (*Voir* B, *fig.* 55). On a ainsi une très belle lumière; on réussit surtout très bien avec les chalumeaux à gaz mélangés; la pastille résiste parfaitement aux changements de température, n'est pas hygrométrique, et peut servir un grand nombre de fois; il y a là un réel progrès et le bâton de chaux nous semble appelé à disparaître en présence de ce nouveau produit.

**111. Réglage des chalumeaux.** — Nous indiquerons très rapidement ici les points sur lesquels doit porter l'attention de l'opérateur dans le réglage des chalumeaux; c'est là une question importante sur laquelle nous reviendrons en détail dans le tome II, en traitant de l'organisation des séances.

1° La pression doit être plus forte sur le sac à oxygène que sur celui d'hydrogène; si l'oxygène siffle, c'est que la pression est trop forte [1]; le meilleur moyen est de *couper* la pression en agissant sur les divers robinets.

---

(1) Le sifflement peut être aussi produit par une certaine proportion d'air dans l'oxygène.

2° Le bâton de chaux doit être placé à une certaine distance de la buse, de manière à ce que le point lumineux soit bien au-dessus de celle-ci, sinon il y aurait une ombre portée sur le haut du tableau. La distance varie avec la pression, elle est en moyenne de $0^m,005$ à $0^m,010$.

3° Si l'oxygène est en excès, il y a formation d'une tache noire au centre du disque incandescent sur le crayon de chaux.

4° Si l'hydrogène est en excès, la flamme se frange d'une crête rougeâtre.

5° On doit *toujours* ouvrir *d'abord* le robinet d'hydrogène et allumer le gaz. On ouvre ensuite le robinet d'oxygène. Le sifflement qu'on entend au début vient de l'air des tuyaux.

6° Inversement, quand on éteint, il faut *toujours fermer en premier* le robinet d'oxygène.

7° Plus la pression des gaz est forte, plus la lumière est belle; un manque de pression fait rougir la flamme.

8° On ne doit jamais, au cours de la séance, modifier les pressions relatives des deux sacs; il vaut mieux, au début, peu ouvrir les robinets et, quand la pression semble diminuer, agir sur les robinets plutôt que de surcharger les sacs.

Telles sont, à grands traits, les principales indications sur la conduite du chalumeau. Nous examinerons dans le tome II, comme nous l'avons dit, les diverses méthodes pour faire donner à l'appareil son maximum de puissance.

---

# CHAPITRE XI.

## LUMIÈRE AÉRHYDRIQUE (BEC BUNSEN).

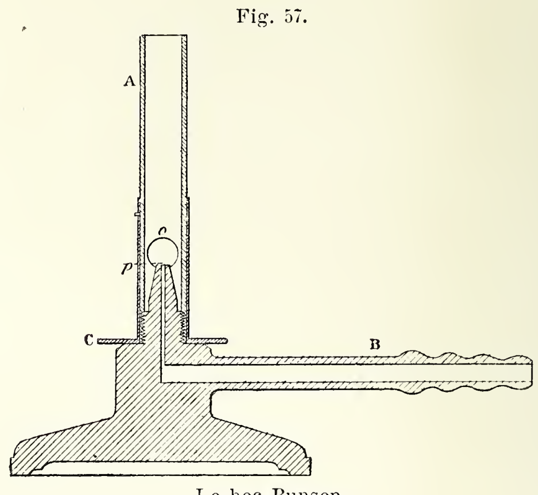
Généralités. — Le bec Bunsen. — Essais de MM. Bourbouze et Wiesnegg. — Bec Clamond. — Lampe Renard. — Bec Auer. — L'aéro-carbone anglais.

**112. Généralités.** — Nous étudierons dans ce Chapitre un mode particulier de production de la lumière, obtenue en portant à l'incandescence du platine ou des oxydes métalliques à l'aide d'un appareil spécial appelé le *bec Bunsen*. Ce n'est, comme on le verra par la description des procédés, qu'une variété de la lumière oxyhydrique, dans laquelle l'oxygène est remplacé par l'air, et l'hydrogène par du gaz d'éclairage ou de l'air carburé. Le pouvoir éclairant est évidemment beaucoup moindre, mais l'énorme quantité de chaleur rayonnante constitue le principal défaut de ce procédé. Toutefois, comme il peut rendre de réels services en beaucoup de cas, qu'il ne nécessite qu'un matériel relativement simple, il est utile de le décrire d'une façon complète.

**113. Le bec Bunsen.** — Le bec Bunsen (*fig.* 57) se compose essentiellement d'un tube B amenant le gaz d'éclairage et terminé par un ajutage à fine perce *p*, pénétrant à la partie inférieure et dans l'axe d'un tube de plus gros diamètre A; celui-ci est percé à la hauteur de la pointe du tube à gaz de deux ou plusieurs trous *o* qui peuvent être obturés plus

ou moins à l'aide d'un anneau tournant percé de la même manière C. Le jet de gaz, en arrivant sous pression, provoque une aspiration d'air avec lequel il se mélange intimement [1] et vient brûler à la partie supérieure du gros

Fig. 57.




Le bec Bunsen.

tube avec une flamme bleu pâle, à peine éclairante, mais d'une température élevée. En agissant sur l'anneau, on règle l'arrivée de l'air : plus les trous sont bouchés, plus la flamme est brillante, mais en même temps moins chaude.

On conçoit qu'en plaçant dans une telle flamme des corps faciles à porter à l'incandescence et non volatilisables, on peut produire une très belle lumière ; de nombreux inventeurs ont basé des systèmes d'éclairage sur ce principe.

---

(1) Nous signalerons que Bunsen recommandait de former le trou d'éjection du gaz par deux traits de scie en croix, de façon à amener le gaz sous forme de lames, et, par suite, en mieux assurer le mélange avec l'air

**114. Essais de Bourbouze et Wiesnegg.** — M. Bourbouze a cherché à alimenter une sorte de bec Bunsen par de l'air comprimé à une demi-atmosphère en sus de la pression atmosphérique : le jet enflammé portait à l'incandescence une sorte de capuchon en toile de platine, qui coiffait l'extrémité du brûleur.

L'inconvénient de ce dispositif était un bruissement assez fort dû à la pression et à la présence de l'azote non brûlé.

Avec l'aide de M. Wiesnegg, Bourbouze a modifié cet appareil pour éviter le bruit; dans ce nouveau modèle, le gaz d'éclairage seul était sous pression et, dans la calotte de platine, ils interposaient un cône de magnésie.

M. d'Harcourt a employé un mélange de gaz et d'air dans des proportions insuffisantes pour détoner ($1^{vol}$ de gaz et $2^{vol}$ d'air); il projetait ce mélange sous pression dans un bec percé circulairement de petits trous et surmonté d'un cône de fils de platine.

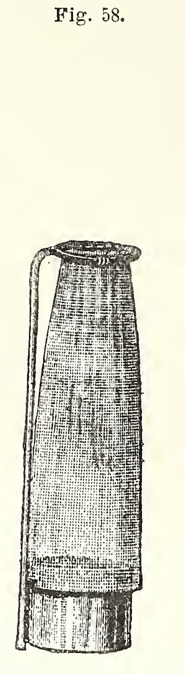
**115. Bec Clamond.** — M. Clamond, plus tard, a fait breveter un bec qui n'est qu'une application perfectionnée du principe de Bunsen, et la flamme, alimentée par de l'air chaud, est projetée sur une corbeille formée de filaments de magnésie. Ceux-ci sont constitués par une pâte de magnésie, d'eau et de substances diverses pour agglutiner la magnésie; cette pâte sort d'une filière en minces vermicelles qui sont déposés, en s'entre-croisant, sur un moule spécial, puis desséchés.

**116. Lampe Renard.** — Le D[r] Renard a employé un dispositif très ingénieux; il consiste essentiellement à se servir d'un bec Bunsen alimenté par un courant d'air qui se charge de vapeur de gazoline : le courant d'air est simple-

ment produit par un soufflet à soupape pour éviter l'aspiration du côté du carburateur, et ce dernier est constitué par un flacon laveur de Wolf à demi plein d'essence de pétrole. Le jet enflammé porte au rouge blanc un treillis de platine.

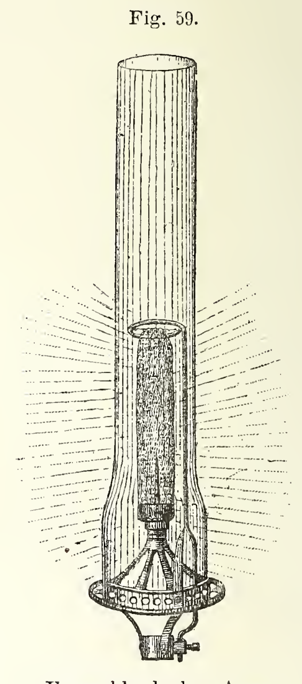
**117. Bec Auer.** — Le Dr Auer a eu l'idée de remplacer le treillis de fils de magnésie ou de platine par un réseau

Fig. 58.



Manchon du bec Auer.

Fig. 59.



Ensemble du bec Auer.

d'oxydes irréductibles par la chaleur, tels que le zircone, le lantane, l'yttria. Il emploie un très élégant procédé pour

produire ce treillis qui, en somme, n'est composé que de fines poussières. Il constitue une sorte de manchon conique en tulle de coton très pur qu'il monte sur un fil de fer à la partie supérieure et qu'il maintient ouvert à la base par un anneau métallique. Le manchon (*fig.* 58) est trempé dans un liquide, dont la composition est tenue secrète, mais qui comprend essentiellement des nitrates ou des acétates des divers métaux dont nous venons de parler. Ces manchons, bien imprégnés de ces sels, sont placés dans la flamme d'un bec Bunsen (*fig.* 59), le coton est brûlé, les sels réduits et, l'opération terminée, il ne reste plus qu'une sorte de cône composé de cendres qui sont rapidement portées au blanc par un bec Bunsen. La lumière est blanche et fixe; elle a cependant l'inconvénient de présenter une surface un peu large; le D[r] Auer affirme que ses manchons peuvent fournir jusqu'à 1000 heures d'éclairage.

**118. L'aero-carbon incandescent Lamp.** — Une compagnie anglaise s'est formée pour l'exploitation de cette lampe et emploie plus particulièrement pour l'alimenter de l'air carburé. Il a été imaginé, dans ce but, un appareil qui comprend un carburateur qu'on remplit à demi de benzoline et dans lequel l'air envoyé par une poire en caoutchouc vient barboter. Cette poire a une forme ovoïde et est en caoutchouc épais. A ses deux extrémités sont placées des soupapes pour régulariser le sens du courant d'air; il suffit de presser cette poire à l'aide du pied, par petits coups répétés, pour faire gonfler un ballon de caoutchouc. Un double système de valves empêche les retours d'air. L'air saturé de benzoline est conduit par un tube de caoutchouc à une lampe Auer spécialement aménagée dans ce but. Le prospectus anglais garantit un pouvoir éclairant

de 150 bougies [1] avec une dépense de 10 centimes par heure. Ces chiffres demanderaient à être contrôlés; mais il résulte d'expériences que nous avons faites avec cet appareil, qu'on obtient une belle lumière, que nous pouvons comparer à celle d'une bonne lampe à pétrole à cinq mèches; en revanche, il convient de signaler que la lampe donne lieu, comme ses congénères, à un dégagement de chaleur considérable.

---

(1) Il y a lieu de noter que la bougie anglaise est une unité plus faible que notre bougie décimale.

# CHAPITRE XII.

## LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Généralités. — Sources d'électricité. — Lampes électriques : lampes à arc ; — incandescence. — L'Auxanoscope G. Trouvé. — Observations sur les lampes à incandescence.

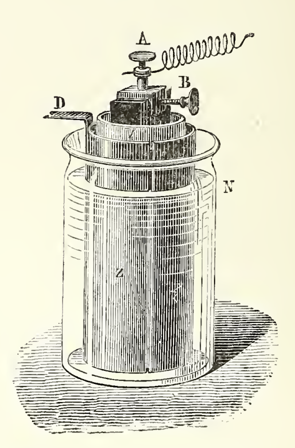
**119. Généralités.** — La lumière électrique constitue à la fois la source la plus brillante et la plus propre aux projections, puisqu'elle peut être réduite au minimum de volume en présentant le maximum d'éclat. Avec la diffusion croissante des canalisations électriques pour l'éclairage des villes et même des habitations privées, elle est appelée à remplacer certainement tous les procédés anciens. Elle ne donne lieu à la production d'aucune odeur, a un pouvoir calorifique relativement faible, et la manipulation des lampes présente peu de difficultés.

**120. Sources d'électricité.** — Les sources d'électricité sont de deux sortes : la pile et les machines dynamo-électriques. La pile est d'un maniement assez incommode ; elle nécessite la manipulation d'acides corrosifs ; d'autre part, la bougie-heure est d'un prix assez élevé, puisqu'elle est le résultat de la *combustion* d'une certaine quantité de zinc par des acides, produits d'un prix assez élevé.

La pile la plus communément employée est la pile Bunsen,

se composant essentiellement d'un vase de grès ou de verre N, dans lequel est placé un cylindre de zinc Z, et de l'acide sulfurique étendu d'eau. A l'intérieur du zinc est disposé un vase poreux V rempli d'acide azotique dans lequel plonge un prisme de charbon de cornue B. Un cer-

Fig. 60.




Élément de pile Bunsen.

tain nombre de ces éléments accouplés en tension, c'est-à-dire formant une chaîne dans laquelle les zincs sont alternativement réunis aux charbons, constitue la pile; il ne faut pas moins de 40 à 50 couples de ce genre pour produire un foyer électrique d'éclat suffisant. Nous n'insisterons pas sur les désagréments qu'offre le maniement d'un tel appareil, dont le moindre défaut est de fournir pendant sa mise en service d'abondantes fumées d'acide hypoazotique.

La pile au bichromate, dans laquelle le couple zinc-charbon plonge dans un vase unique rempli d'une solution acide de

bichromate de potasse, évite une partie de ces inconvénients. La manipulation est plus simple, elle ne répand aucune odeur, mais il y a toujours à manier des liquides corrosifs. Parmi les divers modèles proposés, nous citerons, pour sa commodité, la pile-treuil de G. Trouvé. Les modèles de pile sont très nombreux, mais ceux que nous venons de citer sont les plus communément employés.

La production de l'électricité par machine exige l'emploi d'une force motrice et de transformateurs de l'énergie produite par des appareils que l'on désigne sous le nom caractéristique de dynamo (du grec δύναμις, force). Il ne nous est pas possible, dans un tel travail, d'étudier les machines électriques, dont les types sont très nombreux. Elles donnent lieu soit à des courants continus, soit à des courants alternatifs, c'est-à-dire dans lesquels le sens du courant s'inverse continuellement avec une grande rapidité. Nous renvoyons, pour leur étude, aux traités spéciaux.

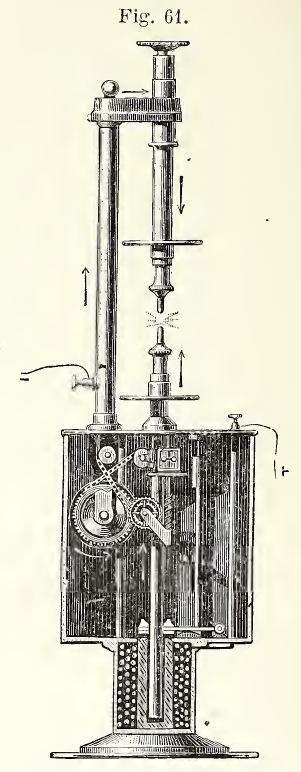
**121. Lampes électriques.** — L'électricité produite est transformée en lumière par des appareils spéciaux appelés *lampes,* dont le rôle se réduit à opposer au courant une résistance telle que la vibration électrique se transforme en vibration calorifique, portant à la chaleur blanche le point où cette résistance se produit.

Deux types principaux de lampes sont fournis par l'industrie : les *lampes à arc*, les *lampes à incandescence.*

**122. Lampes à arc.** — Dans les lampes à arc, les deux pôles du courant sont constitués par des baguettes de charbon de cornue, maintenues à une petite distance l'une de l'autre ; elles sont d'abord en contact, le courant passe, la grande résistance offerte par les charbons de cornue et

surtout par leur contact imparfait amène ceux-ci au rouge ; on les écarte alors d'une petite quantité, augmentant ainsi

Fig. 61.



Régulateur électrique Serrin.

la résistance, et une lumière d'un blanc éblouissant jaillit aussitôt entre les deux pointes de charbon. Depuis les premières expériences de Foucault, de nombreux modèles de lampes ont été inventés. Les conditions que doivent remplir ces appareils, dans l'application qui nous occupe, sont

les suivantes : le point lumineux doit être fixe dans l'espace; la lumière doit émerger sur un seul côté. La première condition est remplie particulièrement par les régulateurs Serrin et Foucault; le nom indique suffisamment que le but de ces appareils est de régler l'avancement des charbons au fur et à mesure de leur usure; on sait que le charbon positif s'use plus rapidement que le charbon négatif. L'avancement des deux charbons est donc réglé automatiquement par un mouvement d'horlogerie, commandé par les variations mêmes du courant (*fig.* 61). Parmi les diverses lampes utilisables dans la lanterne, nous citerons le régulateur Cance, dans lequel la descente d'un des charbons, sous l'action de la pesanteur, détermine l'ascension de l'autre, un embrayage commandé par le courant lui-même régularisant ces actions inverses.

La seconde condition, production de la lumière sur un seul côté, s'obtient facilement, étant donné que le charbon négatif tend à se creuser en forme de coupe, tandis que le positif s'effile en pointe. Il suffit d'excentrer légèrement les charbons, le négatif s'évase sur un de ses bords et fait l'office de réflecteur, renvoyant toute la lumière sur le condensateur.

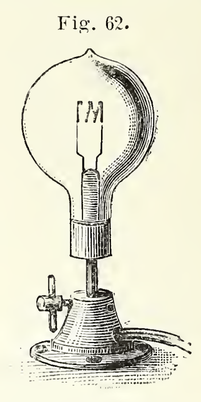
On a reproché autrefois à l'arc voltaïque de donner une lumière à éclats variables; les progrès accomplis permettent maintenant de lui donner une fixité absolue; ce qu'on pourrait lui reprocher, c'est d'avoir une teinte blanc violet moins chaude que les autres lumières artificielles.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des manipulations de ces lampes; il dépend du modèle employé et ne présente, en général, aucune difficulté.

**123. Lampes à incandescence.** — Les lampes à incan-

descence consistent essentiellement en un filament de charbon particulier, enfermé dans une ampoule de verre, dans laquelle le vide a été fait. La résistance offerte par le filament au passage du courant amène promptement celui-ci à l'incandescence. M. Molteni a présenté un modèle spécial, construit par Edison, pour les appareils de projection (*fig.* 62).

Fig. 62.



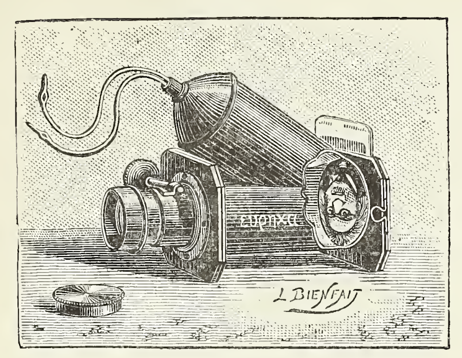
Lampe à incandescence pour projection.

Le reproche fait aux lampes à incandescence ordinaires était que le filament occupait un grand espace, étalant par suite la lumière sur une large surface. Edison a contourné le filament, de manière à lui donner la forme d'une hélice légèrement aplatie, faisant environ huit tours sur elle-même; la lumière est donc concentrée en une surface réduite. Il suffit d'orienter convenablement la lampe pour éviter les pénombres et lui faire donner son maximum de pouvoir éclairant, qui peut atteindre 100 bougies.

**124. L'Auxanoscope.** — M. Trouvé a employé les lampes à incandescence pour l'éclairage d'un appareil de projection

très réduit, qu'il nomme l'*Auxanoscope* (du grec αὐξάνω,

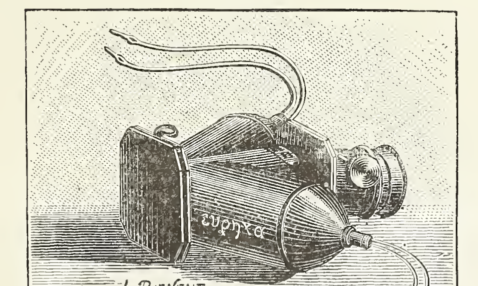
Fig. 63.




Auxanoscope G. Trouvé, corps opaques.

agrandir). Il a construit trois modèles; le premier (*fig.* 63) est destiné à la projection des corps opaques; l'inspection seule

Fig. 64.

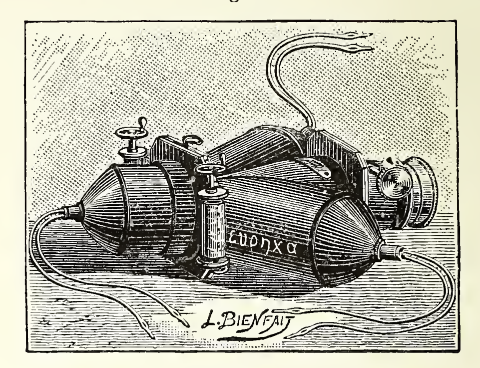



Auxanoscope G. Trouvé, à double foyer.

de la figure permet de voir que c'est un mégascope muni d'une lampe à incandescence renfermée dans un tube réflecteur.

Le second modèle (*fig.* 64) emploie deux lampes placées symétriquement par rapport au tableau et permet, par suite,

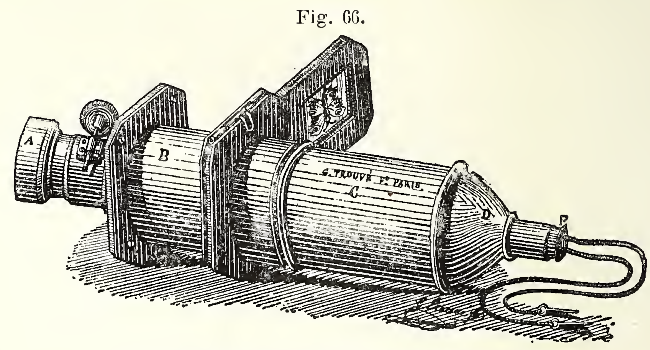
Fig. 65.




Auxanoscope G. Trouvé, à deux usages.

des agrandissements plus considérables. Le troisième modèle (*fig.* 65) sert pour la projection des corps opaques ou

Fig. 66.




Auxanoscope Trouvé pour vues transparentes.

transparents. Dans le premier cas, les lampes latérales éclairent le sujet placé à l'arrière; dans le deuxième cas, la

lampe du fond seule est allumée et les tableaux sont placés sur la platine d'avant. Un système de rouleaux qu'on remarque à l'arrière sert à faire passer des bandes de sujets dessinés sur papier ordinaire ou photographiés sur une bande de gélatine transparente. Nous signalerons enfin le modèle créé pour la Ligue de l'enseignement, représenté par la *fig.* 66.

Ces différents modèles se présentent, comme on le voit, sous un volume très réduit. Nous n'avons pas de données sur leur pouvoir éclairant, qui peut varier, du reste, avec la force de la lampe employée, et duquel dépend, comme nous l'avons dit, la grandeur des images.

**125. Observations sur les lampes à incandescence.** — En l'état actuel de la question, les lampes à incandescence ont un rendement bien inférieur à la lampe à arc; elles consomment relativement, pour l'unité de lumière, beaucoup plus d'électricité; les perfectionnements se produisent chaque jour et l'on ne peut rien présumer de leur avenir. En tous cas elles donnent une lumière plus chaude, plus riche en rayons jaunes et rouges et, par suite, moins fatigante pour les yeux que la lumière à arc; mais, en revanche, elles ne se prêtent pas à des agrandissements aussi considérables.

Pour être complets, nous aurions dû signaler les lampes dans lesquelles un fil de platine est porté à l'incandescence, mais le rendement, dans ce cas, est encore moins bon, et au surplus, ces lampes sont généralement abandonnées.

FIN DU TOME PREMIER.

# BIBLIOGRAPHIE.

---

MOIGNO (l'abbé). — *L'Art des projections*. In-18 jésus; 1872 (Paris, Gauthier-Villars).

*The magic Lantern*. How to buy, how to use it, also how to raise a ghost, by a mere phantom. 35e mille; 1886 (Londres, Houlston and Sons).

H. FOURTIER. — *La lanterne de projection*, manuel pratique. In-18 jésus; 1889 (Paris, A. Laverne et Cie).

MOLTENI. — *Instructions pratiques sur l'emploi des appareils de projection*. 3e édition. In-18 jésus; 1890 (Paris, chez l'auteur et à la librairie Gauthier-Villars et fils).

T. C. HEPWORTH. — *The book of the Lantern*. 3e édition; 1890 (Londres, Hazell, Watson and Viney).

FABRE (C.). — *Traité encyclopédique de Photographie*, Tome IV. Grand in-8; 1891 (Paris, Gauthier-Villars et fils).

# TABLE DES MATIÈRES.

## CHAPITRE IV.

### Les formes de la lanterne.

PROJECTION DES CORPS TRANSPARENTS.



## CHAPITRE V.

### Les formes de la lanterne.

PROJECTION DES CORPS OPAQUES.



## CHAPITRE VI.

### Le microscope de projection.



## CHAPITRE VII.

### Les sources lumineuses.

## CHAPITRE VIII.

### La lumière oxyhydrique.

L'OXYGÈNE.



## CHAPITRE IX.

### La lumière oxyhydrique (*Suite*).

L'HYDROGÈNE.

## CHAPITRE X.

### **La lumière oxyhydrique** (*Suite et fin*).

PRODUCTION DE LA LUMIÈRE.



## CHAPITRE XI.

### **Lumière aérhydrique (bec Bunsen)**.



## CHAPITRE XII.

### **La lumière électrique.**



FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME PREMIER.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins.

**Balagny (George).** — *La Photocollographie.* (Enseignement supérieur de la Photographie. Conférences de la Société française de Photographie.) In-8 (23-14); 1899. 1 fr. 25 c.

**Coustet (Ernest).** — *Le Développement en pleine lumière.* In-16 (19-12) de VIII-56 pages; 1905. 1 fr. 50 c.

**Coustet (E.).** — *Les correctifs du développement.* Étude pratique du renforcement et de l'affaiblissement des images photographiques. In-16 (19-12) de VI-58 pages; 1908. 1 fr. 75 c.

**Fourtier (H.)** — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique,* contenant une *Etude méthodique des divers corps usités en Photographie,* précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une Description détaillée des *Manipulations photographiques.* In-8 (25-16), avec figures; 1892. 8 fr.

**Fourtier (H.).** — *Les Positifs sur verre. Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage.* 2e édition. In-16 (19-12), avec 12 figures; 1907. 4 fr. 50 c.

**Fourtier (H.).** — *Les Tableaux de projections mouvementés.* Etude des Tableaux mouvementés; leur confection par les méthodes photographiques. Montage des mécanismes. In-18 (19-12) avec 42 figures; 1893. 2 fr. 25 c.

**Fourtier (H.).** — *Les lumières artificielles en Photographie.* Etude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lumière, suivies de recherches inédites sur la puissance des photopoudres et des lampes au magnésium. In-8 (25-16), avec 19 figures et 8 planches; 1895. 4 fr. 50 c.

**Londe (A.),** Directeur du Service photographique et radiographique à la Salpêtrière (Clinique des maladies du système nerveux), Lauréat de l'Académie de Médecine, de la Faculté de Paris, Officier de l'Instruction publique. — *Traité pratique de Radiographie et de Radioscopie.* Technique et applications médicales. In-8 (25-16), avec 113 figures; 1899. 7 fr.

**Londe (A.).** — *La Photographie instantanée, théorie et pratique.* 3e édit., entièrement refondue. In-18 (19-12), avec belles figures; 1897. 2 fr. 75 c.

**Londe (A.)** — *Traité pratique du développement. Etude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi.* 4e édition entièrement refondue. In-18 (19-12), avec figures; 1904. 2 fr. 75 c.

**Londe (A.).** — *La Photographie à l'éclair magnésique.* In-8 (25-16) de IX-99 pages avec 23 figures et 8 planches; 1905. 4 fr.

**Maskell (Alfred)** et **Demachy (Robert).** — *Le procédé à la gomme bichromatée ou photo-aquateinte.* Traité pratique sur un nouveau procédé d'impression en pigment convenant spécialement pour les travaux artistiques. Traduit de l'anglais par M. C. Devanlay, 2e édition entièrement refondue par Robert Demachy. In-16 (19-12) avec 3 figures; 1905. 2 fr.

41318 — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

